

501P0635UJU

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

J1046 U.S. PRO
09/04/2021
04/26/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2000年 6月20日

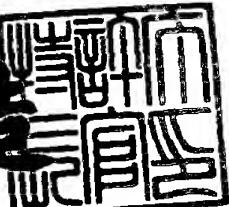
出願番号
Application Number: 特願2000-189730

出願人
Applicant(s): ソニー株式会社

2001年 3月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3014955

【書類名】 特許願
【整理番号】 0000484205
【提出日】 平成12年 6月20日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 3/00
G11B 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 山田 正裕

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社
内

【氏名】 河内山 彰

【特許出願人】

【識別番号】 000002185
【氏名又は名称】 ソニー株式会社
【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100094053

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 隆久

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014890
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

特2000-189730

【包括委任状番号】 9707389

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学素子、光学素子の製造方法および光学系

【特許請求の範囲】

【請求項1】

凸状の曲面が形成された凸レンズと、
前記凸レンズの前記凸状の曲面に密着する基材と
を有し、

前記基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第1の面に形成されていると共に、前記凹状の曲面の奥側から前記第2の面に通じる孔が形成されており、

前記凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記基材の前記孔に露出している
光学素子。

【請求項2】

前記凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた又は実質的に囲まれた回転対称もしくは略回転対称な形状を有し、
前記凸レンズの光軸またはその延長線は、前記孔を通り抜けている
請求項1記載の光学素子。

【請求項3】

前記基材の前記第2の面は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項2記載の光学素子。

【請求項4】

前記基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦で
あり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項2記載の光学素子。

【請求項5】

前記基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦で
あり、前記凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する
請求項2記載の光学素子。

【請求項6】

前記孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記孔の回転対称軸と前記凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、

前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している

請求項2記載の光学素子。

【請求項7】

前記凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項1記載の光学素子。

【請求項8】

第1および第2の光学素子を有する光学系であって、

前記第1の光学素子は、

凸状の曲面が形成された第1の凸レンズと、

前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第1の基材と
を有し、

前記第1の基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第1の面に形成されていると共に、当該凹状の曲面の奥側から前記第2の面に通じる第1の孔が形成されており、

前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面の一部は、前記第1の基材の前記第1の孔に露出しており、

前記第2の光学素子は、

凸状の曲面が形成された第2の凸レンズと、

前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第2の基材と
を有し、

前記第2の基材は、互いに対向する第3および第4の面を有し、前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第3の面に形成されており、

前記第1および第2の凸レンズの光軸が一致または略一致するように、前記第1および第2の光学素子が接合されている
光学系。

【請求項9】

前記第1の基材の前記第1の面と、前記第2の基材の前記第4の面とが接合されている

請求項8記載の光学系。

【請求項10】

前記第1の基材の前記第2の面と、前記第2の基材の前記第3の面とが接合されている

請求項8記載の光学系。

【請求項11】

前記第1の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第1の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第1の孔を通り抜けている

請求項8記載の光学系。

【請求項12】

前記第1の基材の前記第2の面は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第1の基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項11記載の光学系。

【請求項13】

前記第1の基材の前記第2の面は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第1の基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する

請求項11記載の光学系。

【請求項14】

前記第1の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第1の孔の回転対称軸と前記第1の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、

前記第1の基材の凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している

請求項11記載の光学系。

【請求項15】

前記第2の基材は、前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する前記凹状の曲面の奥側から前記第4の面に通じる第2の孔が形成されており、

前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記第2の基材の前記第2の孔に露出している

請求項8記載の光学系。

【請求項16】

前記第2の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第2の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第2の孔を通り抜けている

請求項15記載の光学系。

【請求項17】

前記第2の基材の前記第4の面は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第2の基材の前記第3の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である

請求項16記載の光学系。

【請求項18】

前記第2の基材の前記第4の面は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、

前記第2の基材の前記第3の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略

平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する

請求項16記載の光学系。

【請求項19】

前記第2の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記第2の孔の回転対称軸と前記第2の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、

前記第2の基材の前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している

請求項16記載の光学系。

【請求項20】

前記第1および／または第2の凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、もしくは、窒化ケイ素である

請求項8記載の光学系。

【請求項21】

前記第1の凸レンズは、前記第2の凸レンズよりも大きく、

前記第1の基材の前記第1の面と、前記第2の基材の前記第4の面とが接合されており、

前記第1および第2の光学素子により、ソリッドイマージョンレンズが構成されている

請求項8記載の光学系。

【請求項22】

スイングアームに取り付けられる光ヘッドのスライダである

請求項21記載の光学系。

【請求項23】

前記第2の基材の材料は、酸化ケイ素または酸化アルミニウムである

請求項22記載の光学系。

【請求項24】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製

造する製造方法であって、

空洞に対して突出した凸部が形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が形成された前記基材をモールド成形により生成する工程と、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部に、光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項25】

平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する

請求項24記載の光学素子の製造方法。

【請求項26】

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と
を有する

請求項25記載の光学素子の製造方法。

【請求項27】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項26記載の光学素子の製造方法。

【請求項28】

前記光学材料を充填する工程は、

前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形

成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程と
を有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と

前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程と
を有する

請求項25記載の光学素子の製造方法。

【請求項29】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項28記載の光学素子の製造方法。

【請求項30】

前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項24記載の光学素子の製造方法。

【請求項31】

前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項30記載の光学素子の製造方法。

【請求項32】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項24記載の光学素子の製造方法。

【請求項33】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、

基材の平坦面に、第1の窓を有する第1のレジスト膜を形成する工程と、
前記第1の窓に対応する凹部をエッティングにより前記基材に形成する工程と、
前記凹部が形成された前記基材から前記第1のレジスト膜を除去する工程と、
前記第1のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程と

を有する

光学素子の製造方法。

【請求項34】

平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する

請求項33記載の光学素子の製造方法。

【請求項35】

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第2の窓を有する第2のレジスト膜を形成する工程と、

前記第2の窓に対応する前記孔を、エッティングによって前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記第2のレジスト膜を除去する工程と
を有する

請求項34記載の光学素子の製造方法。

【請求項36】

前記第2の窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項35記載の光学素子の製造方法。

【請求項37】

前記光学材料を充填する工程は、

前記第1のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第2の窓を有する第2のレジスト膜を形成する工程と、

前記第2の窓から前記被膜に至る孔を、エッチングにより前記基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記基材から前記第2のレジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する

請求項34記載の光学素子の製造方法。

【請求項38】

前記第2の窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項37記載の光学素子の製造方法。

【請求項39】

前記第1の窓は、円形または略円形であり、

前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、

前記凸レンズを形成する工程では、前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項33記載の光学素子の製造方法。

【請求項40】

前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凹部の表面の形状は

、円弧または略円弧である

請求項3 9記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 1】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項3 3記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 2】

凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、

凸部を備え、前記凸部の周囲が平坦である第2の基材に対し、前記凸部を埋没させる層からなる第1の基材を形成する工程と、

前記第1の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第3の基材に接合する工程と、

前記第3の基材に接合された前記第1の基材から、前記第2の基材を除去し、前記第1の基材のうち前記凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、

露出した前記第1の基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、

前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、

前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記第1および第3の基材に形成する工程と
を有する

光学素子の製造方法。

【請求項4 3】

平坦化された前記光学材料の表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記第3の基材を研磨する工程をさらに有する

請求項4 2記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 4】

前記孔を、前記第1および第3の基材に形成する工程は、

前記第3の基材を研磨する工程で形成された前記第3の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓に対応する前記孔を、エッティングによって前記第1および第3の基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記第1および第3の基材から前記レジスト膜を除去する工程と

を有する

請求項4 3記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 5】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項4 4記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 6】

前記光学材料を充填する工程は、

露出した前記第1の基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、

前記被膜が形成された前記凹部に光学材料を充填する工程と

を有し、

前記孔を、前記基材に形成する工程は、

前記第3の基材を研磨する工程で形成された前記第3の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、

前記窓から前記被膜に至る孔を、エッティングにより前記第1および第3の基材に形成する工程と、

前記孔が形成された前記第1および第3の基材から前記レジスト膜を除去する工程と、

前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程と

を有する

請求項4 3記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 7】

前記窓は、円形または略円形の形状を有する

請求項4 6記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 8】

前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し。

前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する

請求項4 2記載の光学素子の製造方法。

【請求項4 9】

前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である

請求項4 8記載の光学素子の製造方法。

【請求項5 0】

前記第1および第3の基材は、同一の材料からなる

請求項4 2記載の光学素子の製造方法。

【請求項5 1】

前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素である

請求項4 2記載の光学素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学素子およびその製造方法と、前記光学素子を有する光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】

レンズを製造する場合、以下の第1～第3の製造方法が知られている。

第1の製造方法は、所望のレンズ形状に加工された金型に光学材料を充填し、モールド成形によりレンズを製造する方法である。

第2の製造方法は、反応性イオンエッティング（R I E : Reactive Ion Etching

) 等のエッチングを利用し、フォトレジスト等をマスク（エッチングマスク）として用い、光学材料を所定形状にエッチングして当該光学材料からなるレンズを製造する方法である。

第3の製造方法は、光学材料からなる基材をレンズ形状に機械研磨することによりレンズを製造する方法である。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

従来の上記第1の製造方法、すなわち、モールド成形を用いる方法では、開口数が大きい小型のレンズを製造することが難しく、レンズ直径を1mm以下にすることが困難である。

従来の上記第2の製造方法、すなわち、RIE等のエッチング技術を用いる方法では、光学材料が制限されるため、高屈折率の材料を用いることが困難であり、開口数NAが大きいレンズを実現することが困難である。

従来の上記第3の製造方法では、小型のレンズを製造することが困難である。

【0004】

レンズの開口数を大きくすると、レンズを通過して生成される光スポットの大きさを小さくすることが可能である。光ディスクの大容量化の観点から、光ヘッドのレンズ（対物レンズ）の開口数NAを大きくすることが望まれる。

また、レンズ等の光学素子は種々の光学装置に使用されており、光学装置の小型化の観点から、光学素子の小型化が望まれる。

【0005】

開口数が大きい光学素子を実現するには、光学材料の屈折率が大きいことが有効である。

可視光の領域において高屈折率の光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム（ガリウムリン）、窒化ガリウム、窒化ケイ素（窒化シリコン）等がある。

しかし、これらの材料を、従来技術では開口数が大きい小型のレンズに加工することは困難である。

【0006】

また、従来のレンズは、不定形をしているものが多い。このような不定形の複数のレンズをアライメントするには、3次元方向の高精度の位置合わせが必要であり、アライメントの作業の負担が大きい。

また、光ヘッドがスイングアームに搭載されたフライングヘッド（浮上ヘッド）を構成する場合、スライダとレンズとを別個に作成して高精度に貼り合わせることにより光ヘッドを作成可能であるが、このようにすると、貼合せ作業の負担ひいては光ヘッドの製造の負担が大きい。

【0007】

本発明の第1の目的は、小型の凸レンズを有する光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することにあり、第2の目的は、小型で開口数が大きい凸レンズを有する光学素子を生成可能な光学素子の製造方法を提供することにあり、前記製造方法から生成可能な光学素子を提供することを第3の目的とし、当該光学素子を有する光学系を提供することを第4の目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る光学素子は、凸状の曲面が形成された凸レンズと、前記凸レンズの前記凸状の曲面に密着する基材とを有し、前記基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第1の面に形成されていると共に、前記凹状の曲面の奥側から前記第2の面に通じる孔が形成されており、前記凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記基材の前記孔に露出している。

【0009】

本発明に係る光学素子では、好適には、前記凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた又は実質的に囲まれた回転対称もしくは略回転対称な形状を有し、前記凸レンズの光軸またはその延長線は、前記孔を通り抜けている。

【0010】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第2の面は、平坦

または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【0011】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【0012】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【0013】

本発明に係る光学素子では、より好適には、前記孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記孔の回転対称軸と前記凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【0014】

本発明に係る光学素子では、例えば、前記凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0015】

本発明に係る光学系は、第1および第2の光学素子を有する光学系であって、前記第1の光学素子は、凸状の曲面が形成された第1の凸レンズと、前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第1の基材とを有し、前記第1の基材は、互いに対向する第1および第2の面を有し、前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第1の面に形成されていると共に、当該凹状の曲面の奥側から前記第2の面に通じる第1の孔が形成されており、前記第1の凸レンズの前記凸状の曲面の一部は、前記第1の基材の前記第1の孔に露出しており、前記第2の光学素子は、凸状の曲面が形成された第2の凸レンズと、前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面が接合された第2の基材とを有し、前記第2の基材は、互いに対向する第3および第4の面を有し、前記第2の凸レンズの前記凸

状の曲面に密着する凹状の曲面が前記第3の面に形成されており、前記第1および第2の凸レンズの光軸が一致または略一致するように、前記第1および第2の光学素子が接合されている。

【0016】

本発明に係る光学系では、例えば、前記第1の基材の前記第1の面と、前記第2の基材の前記第4の面とが接合されている構成としてもよい。

本発明に係る光学系では、例えば、前記第1の基材の前記第2の面と、前記第2の基材の前記第3の面とが接合されている構成としてもよい。

【0017】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第1の凸レンズは、平坦面とこの平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第1の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第1の孔を通り抜けている。

【0018】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第1の基材の前記第2の面は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第1の基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【0019】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第1の基材の前記第2の面は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第1の基材の前記第1の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第1の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【0020】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第1の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第1の孔の回転対称軸と前記第1の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記第1の基材の凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【0021】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第2の基材は、前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面に密着する前記凹状の曲面の奥側から前記第4の面に通じる第2の孔が形成されており、前記第2の凸レンズの前記凸状の曲面の一部が、前記第2の基材の前記第2の孔に露出している。

【0022】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第2の凸レンズは、平坦面との平坦面に対向する前記凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第2の凸レンズの光軸またはその延長線は、前記第2の孔を通り抜けている。

【0023】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第2の基材の前記第4の面は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第2の基材の前記第3の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行である。

【0024】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第2の基材の前記第4の面は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と平行もしくは略平行であり、前記第2の基材の前記第3の面のうち前記凹状の曲面の周囲は、平坦または略平坦であり、前記第2の凸レンズの平坦面と同一平面上もしくは略同一平面上に位置する。

【0025】

本発明に係る光学系では、より好適には、前記第2の孔は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記第2の孔の回転対称軸と前記第2の凸レンズの光軸は、一致または略一致しており、前記第2の基材の前記凹状の曲面は、環状の傾斜面を形成している。

【0026】

本発明に係る光学系では、例えば、前記第1および／または第2の凸レンズの材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウ

ム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、もしくは、窒化ケイ素としてもよい。

【0027】

本発明に係る光学系では、好適には、前記第1の凸レンズは、前記第2の凸レンズよりも大きく、前記第1の基材の前記第1の面と、前記第2の基材の前記第4の面とが接合されており、前記第1および第2の光学素子により、ソリッドイマージョンレンズが構成されている。

本発明に係る光学系は、例えば、スイングアームに取り付けられる光ヘッドのスライダに用いてもよく、この場合の前記第2の基材の材料は、酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素とすることが好ましい。

【0028】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、空洞に対して突出した凸部が形成された金型により、前記凸部の形状を写した凹部が形成された前記基材をモールド成形により生成する工程と、前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部に、光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程とを有する。

【0029】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する。

【0030】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓に対応する前記孔を、エッチングによって前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0031】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、前記モールド成形により生成された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓から前記被膜に至る孔を、エッティングにより前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記レジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0032】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、好適には、前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凸部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0033】

本発明に係る第1の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0034】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、基材の平

平坦面に、第1の窓を有する第1のレジスト膜を形成する工程と、前記第1の窓に対応する凹部をエッティングにより前記基材に形成する工程と、前記凹部が形成された前記基材から前記第1のレジスト膜を除去する工程と、前記第1のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記基材に形成する工程とを有する。

【0035】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学材料の前記表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記基材を研磨する工程をさらに有する。

【0036】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第2の窓を有する第2のレジスト膜を形成する工程と、前記第2の窓に対応する前記孔を、エッティングによって前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記第2のレジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第2の光学素子の製造方法は、例えば、前記第2の窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0037】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、前記第1のレジスト膜が除去された前記基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に対して前記光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記基材を研磨する工程で形成された前記基材の平坦面に、第2の窓を有する第2のレジスト膜を形成する工程と、前記第2の窓から前記被膜に至る孔を、エッティングにより前記基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記基材から前記第2のレジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記第2の窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0038】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、好適には、前記第1の窓は、円形または略円形であり、前記凹部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凹部をその対称軸に沿って切断した場合における前記凹部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0039】

本発明に係る第2の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0040】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法は、凸レンズとこの凸レンズの凸状の曲面に密着する基材とを有する光学素子を製造する製造方法であって、凸部を備え、前記凸部の周囲が平坦である第2の基材に対し、前記凸部を埋没させる層からなる第1の基材を形成する工程と、前記第1の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第3の基材に接合する工程と、前記第3の基材に接合された前記第1の基材から、前記第2の基材を除去し、前記第1の基材のうち前記凸部の形状が写された凹部を露出させる工程と、露出した前記第1の基材の前記凹部に光学材料を充填する工程と、前記凹部に充填された前記光学材料の表面を平坦化して前記凸レンズを形成する工程と、前記凸レンズのうち前記凹部に密着する凸状の曲面の一部が露出するような孔を、前記第1および第3の基材に形成する工程とを有する。

【0041】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法は、好適には、平坦化された前記光学

材料の表面に対して平行または略平行な平坦面が形成されるように、前記第3の基材を研磨する工程をさらに有する。

【0042】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、より好適には、前記孔を、前記第1および第3の基材に形成する工程は、前記第3の基材を研磨する工程で形成された前記第3の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓に対応する前記孔を、エッティングによって前記第1および第3の基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記第1および第3の基材から前記レジスト膜を除去する工程とを有する。

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0043】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、より好適には、前記光学材料を充填する工程は、露出した前記第1の基材の前記凹部の表面を覆う被膜を形成する工程と、前記被膜が形成された前記凹部に光学材料を充填する工程とを有し、前記孔を、前記基材に形成する工程は、前記第3の基材を研磨する工程で形成された前記第3の基材の平坦面に、窓を有するレジスト膜を形成する工程と、前記窓から前記被膜に至る孔を、エッティングにより前記第1および第3の基材に形成する工程と、前記孔が形成された前記第1および第3の基材から前記レジスト膜を除去する工程と、前記被膜のうち前記孔に露出した部分を除去する工程とを有する。

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記窓は、円形または略円形の形状としてもよい。

【0044】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、好適には、前記凸部は、回転対称または略回転対称な形状を有し、前記凸レンズを形成する工程では、前記凸部の形状が写された前記凹部の対称軸に対して垂直または略垂直な平坦面が形成されるように、前記光学材料の表面を研磨する。

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、より好適には、前記凸部をその

対称軸に沿って切断した場合における前記凸部の表面の形状は、円弧または略円弧である。

【0045】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、好適には、前記第1および第3の基材は、同一の材料からなる。

【0046】

本発明に係る第3の光学素子の製造方法では、例えば、前記光学材料は、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素としてもよい。

【0047】

上記した本発明に係る第1の光学素子の製造方法において、金型は、空洞に対して突出した凸部を有する。この金型により、基材をモールド成形することで、凸部の形状を写した凹部を基材に形成することができる。

金型の凸部を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にすることができる、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0048】

上記した本発明に係る第2の光学素子の製造方法において、窓を有するレジスト膜を基材の平坦面に形成することで、窓に対応する凹部をエッティングにより形成することができる。

窓を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にでき、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0049】

上記した本発明に係る第3の光学素子の製造方法において、第2の基材は、凸部を備え、当該凸部の周囲が平坦である。

この第2の基材に対し、凸部を埋没させる層からなる第1の基材を形成することで、凸部の形状を写した凹部を第1の基材に形成することができる。

第1の基材の表面を平坦化して平坦面を形成し、当該平坦面を第3の基材に接合し、第3の基材に接合された第1の基材から、第2の基材を除去することで、第1の基材のうち凸部の形状を写した凹部を露出させることができる。

凸部を小型にすることで、基材の凹部および凸レンズを小型にすることができます、小型の光学素子を生成可能である。

凸レンズの凸状の曲面の一部を露出させる孔を第1および第3の基材に形成することで、凸状の曲面の一部において、空気と凸レンズとの屈折率の差を利用して光を屈折させることができる。

また、光学材料として、屈折率が大きい材料、例えば、酸化チタン、酸化タンタル、酸化ニオブ、リン化ガリウム、窒化ガリウム、チタンとニオブと酸素の化合物、チタンとタンタルと酸素の化合物、または、窒化ケイ素を用いることで、開口数の大きい光学素子を生成可能である。

【0050】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照して説明する。

【0051】

光学素子

図1は、本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。この光学素子100は、直方体または略直方体に対して孔103を設けた形状を有する。光学素子100は、基材（基体）101と凸レンズ102とを有する。

【0052】

光学素子100は、基材101の上面100Uから孔103を通して凸レンズ102に光を入射させた場合に、凸レンズ102の平坦面から出射する光を、凸レンズ102により収束（集束）または発散させることができ、または平行光にすることができる。基材101では、第1の面である下面100Bと、第2の面である上面100Uとが対向している。

【0053】

基材101は、凸レンズ102の凸状の曲面102Cに密着する凹状の曲面101Cが下面100Bに形成されていると共に、凹状の曲面101Cの奥側から上面100Uに通じる孔103が形成されている。

そして、凸レンズ102の凸状の曲面の一部（具体的には中央部）が、前記基材101の孔103に露出している。凹状の曲面101Cは、環状の傾斜面を形成している。

【0054】

凸レンズ102は、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面102Cにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ102の光軸またはその延長線は孔103を通り抜けている。凸レンズ102を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面102Cの形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔103は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔103の対称軸と凸レンズ102の光軸とが一致もしくは略一致している。

【0055】

凸レンズ102の平坦面は、光学素子100の上面100U（または基材101の上面）と平行または略平行になっている。また、基材101の下面100Bのうち凹状の曲面101Cの周囲の平坦部（または平坦面）と、凸レンズ102

の平坦面は、平行もしくは略平行であり、図1では同一平面上に位置している。

【0056】

基材101の材料を例えば石英とし、凸レンズ102の材料を例えば窒化ケイ素（窒化シリコン）としてもよい。また、基材101の材料を例えば窒化ケイ素とし、凸レンズ102の材料を例えば石英としてもよい。

凸レンズ102の材料を屈折率の大きい光学材料にすることで、凸レンズ102の開口数を大きくすることができる。

また、光学素子100では、孔103を設けたので、凸レンズ102の凸状の曲面102Cの一部と空気とが接しており、曲面102Cでの屈折率の差を大きくすることができる。このため、孔103を設けていない場合、すなわち凸レンズ102の凸状の曲面102Cの全域が光学材料の基材で覆われている場合に比べ、凸レンズ102の開口数を大きくすることができると共に、収差を小さくすることができる。

【0057】

光学素子の製造方法の第1の実施の形態

図2～図4は、光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構造または略同一構造の光学素子を得ることが可能である。

【0058】

図2(A)は、金型3を示している。この金型3には、液状または流動体状の材料6Lが通過する通路4と、空洞(キャビティ)3Cとが形成されている。また、金型3の底部には、空洞3Cに対して突起した凸部5が形成されており、凸部5の周囲は平坦になっている。

凸部5は、図1の光学素子100の凸レンズ102の形状と同一であり、回転対称または略回転対称な形状を有する。

【0059】

図2(B)では、金型3の通路4から材料6Lを空洞3Cに注入し、材料6Lを空洞3Cに充填する。注入する材料6Lは、例えば溶融石英、ガラス、プラスチック、合成樹脂等とし、以下では材料6Lが光学材料である場合を例示して説

明する。

【0060】

図2 (C) では、液状の光学材料6 Lを固体状の光学材料6 Mに硬化させ、光学材料6 Mからなる基材6を金型3から取り出す。金型3から取り出された基材6の底部には、凸部5の形状が転写されて凹部6 Bが形成されている。基材6の凹部6 Bの周囲は、平坦になっている。

【0061】

図3 (D) では、基材6の底部の凹部6 Bに、光学材料7 Mを充填する。光学材料7 Mは、光学材料6 Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料6 Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、基材6の底部に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7 Mの層7を形成することで、基材6の凹部6 Bに光学材料7 Mを充填する。この場合、凹部6 Bに対応する凹部7 Bが、層7に形成される。

【0062】

図3 (E) では、層7の底面を平坦化する。例えば、層7の底面の凹部7 Bが無くなるように研磨する。好ましくは、基材6の凹部6 Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の底面を研磨する。または、基材6の凹部6 Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層7の底面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。なお、基材6の凹部6 Bの周囲の平坦部が露出するよう層7を研磨してもよい。

このようにして、光学材料7 Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材6の凹部6 B（の表面）に密着している。

【0063】

図4 (F) では、基材6の上面を、平坦化された層7の平坦面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材6を所望の厚さにすることができる。

【0064】

図4 (G) では、基材6の上面である平坦面に、窓50 Hを有するレジスト膜50を形成する。窓50 Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓5

0Hの下側に、基材6の凹部6Bが位置している。図示のように、窓50Hは、レジスト膜50の孔および／または開口部を構成している。

【0065】

図4（H）では、窓50Hから凸レンズの凸状の曲面7Cに到る孔51をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面7Cの一部（好適には、曲面7Cの中央部）を孔51に露出させる。孔51により、基材6の凹部6Bの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面7Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）6Cとなっている。

例えば、孔51は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE装置）内で、基材6の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【0066】

図4（I）では、孔51が形成された基材6からレジスト膜50を除去する。このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図4（H）の基材6、孔51、凸状の曲線7C、凹状の曲線6C、上面6Uと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0067】

図2（A）、（B）の金型3の底部は、空洞3Cに対して突起した凸部5を有するので、空洞3Cに対して窪んだ形状の凹部を形成してモールド成形により凸レンズを作成する場合に比べ、加工精度を向上することができる。このように、金型3を使用することで、モールド成形の凸レンズよりも加工精度の高い小型の凸レンズを作成可能である。

【0068】

なお、図2（A）、（B）に示す金型に代えて、上金型と下金型を用いてモールド成形を行ってもよい。下金型の底部には、凸部が形成されており、この凸部の周囲は平坦になっている。この下金型の底部の凸部は、金型3の凸部5と同一である。

先ず、下金型および上金型の間の空洞に、基材6の材料（例えばガラス材料）を注入し、ガラス材料、下金型および上金型を所定の温度に同時に加熱することで、ガラス材料を軟化させる。そして、軟化したガラス材料を上金型でプレスする。

次に、ガラス材料、下金型および上金型を冷却してガラス材料を硬化させて基材6を金型から取り出す。この金型から取り出された基材6の底部には、下金型の底部の凸部の形状が転写されて凹部6Bが形成されている。

このようにして、図2(C)に示す基材6を得ることも可能である。

【0069】

光学素子の製造方法の第2の実施の形態

図5～図7は、光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0070】

図5(A)では、基材の一例であるシリコン基板8の平坦面に、レジスト9を形成する。レジスト9の底面の大きさは、図1中の凸レンズ102の底面の大きさと同一または略同一とする。

【0071】

図5(B)では、レジスト9をマスクとし、エッチングによりシリコン基板8の表面に凸部8Uを形成する。凸部8Uの形状は、凸レンズ102の形状と同一であり、回転対称または略回転対称な形状である。エッチングとしては、例えば、イオンミリング法、RIE法などを用いる。

【0072】

図5(C)では、凸部8Uが形成されたシリコン基板8の表面に、凸部8Uが埋没するように材料10Mを積層させ、材料10Mの層10からなる基材を形成する。層10は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などにより、形成してもよい。以下、材料10Mが光学材料である場合を例示して説明する。

シリコン基板8上に層10が形成されると、凸部8Uに対応する凸部10Uが

、層10の上面に形成される。

【0073】

図5(D)では、層10の上面を平坦化する。例えば、層10の上面の凸部10Uが無くなるように研磨する。好ましくは、シリコン基板8の凸部8Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層10の上面を研磨する。または、シリコン基板8の凸部8Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層10の上面とが平行もしくは略平行になるように層10を研磨する。

【0074】

図5(E)では、層10の平坦化された上面10Sに、材料11Mからなる基材11の平坦面を接合する。接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。材料11Mは、好ましくは、材料10Mと同じ材料とする。以下、材料11Mが光学材料である場合を例示して説明する。

【0075】

図6(F)では、図5(E)の層10の下面に接合されていたシリコン基板8を除去し、層10の下面を露出させる。シリコン基板8は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。

層10の下面には、シリコン基板8の凸部8Uの形状が転写されており、凸部8Uに対応する凹部10Bが形成されている。

【0076】

図6(G)では、層10の下面の凹部10Bに光学材料7Mを充填する。光学材料7Mは、光学材料10Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料10Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、層10の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7Mの層7を形成することで、層10の凹部10Bに光学材料7Mを充填する。この場合、凹部10Bに対応する凹部7Bが、層7に形成される。

【0077】

図6(H)では、層7の下面を平坦化する。例えば、層7の底面の凹部7Bが

無くなるように研磨する。好ましくは、層10の凹部10Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の底面を研磨する。または、層10の凹部10Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層7の底面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。なお、基材10の凹部10Bの周囲の平坦部が露出するように層7を研磨してもよい。

このようにして、光学材料7Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材10の凹部10B（の表面）に密着している。

【0078】

図7（I）では、基材11の上面を、層7の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材11を所望の厚さにすることができる。

【0079】

図7（J）では、基材11の上面である平坦面に、窓52Hを有するレジスト膜52を形成する。窓52Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓52Hの下側に、基材10の凹部10Bが位置している。図示のように、窓52Hは、レジスト膜52の孔および／または開口部を構成している。

【0080】

図7（K）では、窓52Hから凸レンズの凸状の曲面7Cに到る孔53をエッチングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面7Cの一部（好適には、曲面7Cの中央部）を孔53に露出させる。孔53により、基材10の凹部10Bの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面7Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）10Cとなっている。

例えば、孔53は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE装置）内で、基材10、11の一部をドライエッチングすることにより形成される。

【0081】

図7（L）では、孔53が形成された基材11からレジスト膜52を除去する。このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図7（L）の基材10、11、孔53、凸状の曲線7C、凹状の曲線10C、上面11Uと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0082】

光学素子の製造方法の第3の実施の形態

図8～図10は、光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0083】

図8（A）では、基材の一例であるシリコン基板18の平坦面にレジスト19を形成する。レジスト19の底面の大きさは、図1中の凸レンズ102の底面の大きさと同一または略同一とする。

【0084】

図8（B）では、レジスト19が形成されたシリコン基板18の表面に、レジスト19が埋没するように材料20Mを積層させ、材料20Mの層20からなる基材を形成する。材料20Mの層20は、例えば、スパッタリング法、蒸着法、イオンプレーティング法などを用いて形成してもよい。材料20Mは、例えば、酸化アルミニウムとしてもよい。以下、材料20Mが光学材料である場合を例示して説明する。

シリコン基板18上に層20が形成されると、レジスト19に応じた凸部20Uが、層20の表面に形成される。

【0085】

図8（C）では、層20の上面を平坦化する。例えば、層20の上面の凸部20Uが無くなるように研磨する。好ましくは、シリコン基板18上のレジスト19の対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層20の上面を研磨する。または、シリコン基板18上のレジスト19の周囲の平坦部（または平坦面）と層20の上面とが平行もしくは略平行になるように層20を研磨する。

【0086】

図8（D）では、層20の上面20Sに、材料21Mからなる基材21の平坦

面を接合する。接合方法としては、例えば、透明な接着剤により接着してもよく、陽極接合により接合してもよい。材料21Mは、好ましくは、材料20Mと同一の材料とする。以下、材料21Mが光学材料である場合を例示して説明する。

【0087】

図9（E）では、図8（D）の層20の下面に接合されていたシリコン基板18およびレジスト19を除去し、層20の下面を露出させる。シリコン基板18は、例えば水酸化カリウム水溶液により溶解させて除去してもよい。レジスト19は、例えばレジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解させて除去してもよい。

層20の下面には、レジスト19の形状が転写されており、レジスト19の形状に対応する凹部20Bが形成されている。

【0088】

図9（F）では、層20の下面の凹部20Bに光学材料7Mを充填する。光学材料7Mは、光学材料20Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料20Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、層20の下面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料7Mの層7を形成することで、層20の凹部20Bに光学材料7Mを充填する。この場合、凹部20Bに対応する凹部7Bが、層7に形成される。

【0089】

図9（G）では、層7の下面を平坦化する。例えば、層7の底面の凹部7Bが無くなるように研磨する。好ましくは、層20の凹部20Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層7の底面を研磨する。または、層20の凹部20Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層7の底面とが平行もしくは略平行になるように層7を研磨する。なお、基材20の凹部20Bの周囲の平坦部が露出するように層7を研磨してもよい。

このようにして、光学材料7Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材20の凹部20B（の表面）に密着している。

【0090】

図10（H）では、基材21の上面を、層7の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材21を所望の厚さにすることができる。

【0091】

図10（I）では、基材21の上面である平坦面に、窓54Hを有するレジスト膜54を形成する。窓54Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓54Hの下側に、基材20の凹部20Bが位置している。図示のように、窓54Hは、レジスト膜54の孔および／または開口部を構成している。

【0092】

図10（J）では、窓54Hから凸レンズの凸状の曲面7Cに到る孔55をエッティングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面7Cの一部（好適には、曲面7Cの中央部）を孔55に露出させる。孔55により、基材20の凹部20Bの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面7Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の斜面）20Cとなっている。

例えば、孔55は、 CF_4 をエッティングガスとして用いた反応性イオンエッティング装置（RIE装置）内で、基材20、21の一部をドライエッティングすることにより形成される。

【0093】

図10（K）では、孔55が形成された基材21からレジスト膜54を除去する。このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図10（K）の基材20、21、孔55、凸状の曲線7C、凹状の曲線20C、上面21Uと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0094】

光学素子の製造方法の第4の実施の形態

図11～図13は、光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同

一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0095】

図11(A)では、材料31Mからなる基材31の平坦面に、レジスト膜29を形成する。材料31Mは、例えば石英とし、以下では、材料31Mが光学材料である場合を例示して説明する。

基材31上のレジスト膜29には、円形または略円形の窓29Hが形成されている。図示のように、窓29Hはレジスト膜29の孔および／または開口部を構成している。

【0096】

図11(B)では、レジスト膜29が形成された基材31をエッティング液32に所定時間浸す。エッティング液32は、例えば石英を腐食するフッ酸液等により構成する。

基材31をエッティング液32に所定時間浸することで、レジスト膜29Hから基材31が徐々に腐食され、窓29Hの下側には凹部31Uが形成される。この凹部31Uの大きさは、図1中の凸レンズ102の大きさと同一または略同一とする。

【0097】

図12(C)では、基材31をエッティング液32から取り出し、レジスト膜29を除去する。レジスト膜29は、レジスト用の剥離液または有機溶剤（例えばアセトン）等により溶解して除去してもよい。

【0098】

図12(D)では、基材31の上面の凹部31Uに光学材料27Mを充填する。光学材料27Mは、光学材料31Mとは異なる屈折率を有し、好適には光学材料31Mよりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ガリウムとする。

例えば、基材31の上面に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料27Mの層27を形成することで、基材31の凹部31Uに光学材料27Mを充填する。この場合、凹部31Uに対応する凹部27Uが、層27に形成される。

【0099】

図12(E)では、層27の上面を平坦化する。例えば、層27の上面の凹部27Uが無くなるように研磨する。好ましくは、基材31の凹部31Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層27の上面を研磨する。または、基材31の凹部31Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層27の上面とが平行もしくは略平行になるように層27を研磨する。なお、基材31の凹部31Uの周辺の平坦部が露出するように層27を研磨してもよい。

このようにして、光学材料27Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材31の凹部31U（の表面）に密着している。

【0100】

図13(F)では、基材31の表面を層27の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材31を所望の厚さにすることができる。

【0101】

図13(G)では、研磨された基材31の平坦面に、窓56Hを有するレジスト膜56を形成する。窓56Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓56Hの下側に、基材31の凹部31Uが位置している。図示のように、窓56Hは、レジスト膜56の孔および／または開口部を構成している。

【0102】

図13(H)では、窓56Hから凸レンズの凸状の曲面27Cに到る孔57をエッティングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面27Cの一部（好適には、曲面27Cの中央部）を孔57に露出させる。孔57により、基材31の凹部31Uの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面27Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）31Cとなっている。

例えば、孔57は、 CF_4 をエッティングガスとして用いた反応性イオンエッティング装置（RIE装置）内で、基材31の一部をドライエッティングすることにより形成される。

【0103】

図13(I)では、孔57が形成された基材31からレジスト膜56を除去す

る。このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図13(I)の基材31、孔57、凸状の曲線27C、凹状の曲線31C、平坦面31Bと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0104】

光学素子の製造方法の第5の実施の形態

図14および図15は、光学素子の製造方法の第5の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一構成または略同一構成の光学素子を得ることが可能である。

【0105】

図14(A)には、凹部41Uを有する基材41が示してある。凹部41Uは、回転対称または略回転対称な形状を有する。基材41のうち凹部41Uの周囲(または周辺)は、平坦になっている。基材41は、材料41Mからなる。以下、材料41Mが光学材料である場合を例示して説明する。

凹部41Uの大きさは、図1中の凸レンズ102の大きさと同一または略同一である。

この基材41は、例えば、図2(C)中の基材6、図6(F)中の層10が接合された基材11、図9(E)中の層20が接合された基材21、または、図12(C)中の基材31を用いる。

【0106】

図14(B)では、基材41の上面の凹部41Uに、光学材料41Mとは屈折率が異なる光学材料37Mを充填する。

一例として、光学材料37Mとしてゲル化された石英を用い、基材41の上面に塗布することで、光学材料37Mの層37を形成し、基材41の凹部41Uに光学材料37Mを充填する。

そして、凹部41Uに光学材料37Mが充填された基材41を加熱し、光学材料37Mを硬化させる。

【0107】

図14（C）では、硬化した層37の上面を平坦化する。例えば、光学材料37の上面の表面荒れやうねりが無くなるように研磨する。好ましくは、基材41の凹部41Uの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層37の上面を研磨する。または、基材41の凹部41Uの周囲の平坦部（または平坦面）と層37の上面とが平行もしくは略平行になるように層37を研磨する。なお、基材41の凹部41Uの周囲の平坦部が露出するように層37を研磨してもよい。

このようにして、光学材料37Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材41の凹部41U（の表面）に密着している。

【0108】

図15（D）では、基材41の表面を層37の研磨面に対して平行または略平行になるように研磨する。また、この研磨により、基材41を所望の厚さにすることができる。

【0109】

図15（E）では、研磨された基材41の平坦面に、窓58Hを有するレジスト膜58を形成する。窓58Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓58Hの下側に、基材41の凹部41Uが位置している。図示のように、窓58Hは、レジスト膜58の孔および／または開口部を構成している。

【0110】

図15（F）では、窓58Hから凸レンズの凸状の曲面37Cに到る孔59をエッティングにより形成し、凸レンズの凸状の曲面37Cの一部（好適には、曲面37Cの中央部）を孔59に露出させる。孔59により、基材41の凹部41Uの表面は、その一部が除去されて、凸状の曲面37Cに密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）41Cとなっている。

例えば、孔59は、 CF_4 をエッティングガスとして用いた反応性イオンエッティング装置（RIE装置）内で、基材41の一部をドライエッティングすることにより形成される。

【0111】

図15（G）では、孔59が形成された基材41からレジスト膜58を除去す

る。このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図15(G)の基材41、孔59、凸状の曲線37C、凹状の曲線41C、平坦面41Bと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0112】

光学素子の製造方法の第6の実施の形態

図16および図17は、光学素子の製造方法の第6の実施の形態を示す概略的な説明図である。この製造方法により、図1の光学素子100と同一機能または略同一機能を有する光学素子を得ることが可能である。

【0113】

図16(A)には、凹部86Bを有する基材86が示してある。凹部86Bは、回転対称または略回転対称な形状を有する。基材86のうち凹部86Bの周囲(または周辺)は、平坦になっている。基材86は、材料86Mからなる。以下、材料86Mが光学材料である場合を例示して説明する。

凹部86Bの大きさは、図1中の凸レンズ102の大きさと同一または略同一である。

この基材86は、例えば、図2(C)中の基材6、図6(F)中の層10が接合された基材11、図9(E)中の層20が接合された基材21、または、図12(C)中の基材31を用いる。

【0114】

図16(B)では、基材86の凹部86Bの表面を覆う被膜85を形成する。被膜85は、例えば、アルミニウム、ニッケル等の金属膜とする。

なお、被膜85は、基材86の凹部86Bとその周囲の平坦部(または平坦面)とを覆うように形成してもよい。

【0115】

図16(C)では、被膜85が形成された基材86の凹部86Bに、光学材料87Mを充填する。光学材料87Mは、光学材料86とは異なる屈折率を有し、好適には光学材料86よりも大きい屈折率を有し、一例として窒化ケイ素とする。

例えば、基材86の底部に、スパッタリング、蒸着またはイオンプレーティングにより光学材料87Mの層87を形成することで、基材86の凹部86Bに光学材料87Mを充填する。

【0116】

そして、層87の表面を平坦化する。例えば、層87の底面の凹部が無くなるように研磨する。好ましくは、基材86の凹部86Bの対称軸に対して垂直な平坦面が形成されるように、層87の底面を研磨する。または、基材86の凹部86Bの周囲の平坦部（または平坦面）と層87の底面とが平行もしくは略平行になるように層87を研磨する。なお、基材86の凹部86Bの周囲の平坦部が露出するように層87を研磨してもよい。

このようにして、光学材料87Mからなる凸レンズが形成される。この凸レンズの凸状の曲面は、基材86の凹部86B（の表面）に対し、被膜85を介して密着している。

次に、基材86の上面を、平坦化された層87の平坦面に対して平行または略平行になるように研磨する。

【0117】

図17(D)では、基材86の上面である平坦面に、窓82Hを有するレジスト膜82を形成する。窓82Hの形状は、好適には、円形または略円形とする。窓82Hの下側に、基材86の凹部86Bが位置している。図示のように、窓82Hは、レジスト膜82の孔および／または開口部を構成している。

【0118】

図17(E)では、窓82Hから被膜85に到る孔83をエッチングにより形成し、被膜85の一部（好適には、被膜85の中央部）を孔83に露出させる。孔83により、基材86の凹部86Bの表面は、その一部が除去され、被膜85を介して凸レンズの凸状の曲面に密着する凹状の曲面（具体的には環状の斜面）86Cとなっている。

例えば、孔83は、 CF_4 をエッチングガスとして用いた反応性イオンエッチング装置（RIE装置）内で、基材86の一部をドライエッチングすることによ

り形成される。

【0119】

図17(F)では、孔83が形成された基材86からレジスト膜82を除去する。また、被膜85のうち孔83に露出した露出部分を除去して凸レンズの凸状の曲面87Cを露出させる。例えば被膜85が金属膜である場合は、アルカリ水溶液を用いて露出部分を溶かして除去してもよい。

このようにして、図1の光学素子100と同一構造または実質的に同一構造の光学素子を得ることが可能である。

なお、図17(F)の基材86、孔83、凸状の曲線87C、凹状の曲線86C、上面86Uと、図1の光学素子100の基材101、孔103、凸状の曲線102C、凹状の曲線101C、上面100Uとが、各々対応している。

【0120】

光学系の第1の実施の形態

図18は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第1の実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光学系119は、光学素子100、110を有し、光学素子100、110を積み上げて構成されている。なお、光学素子100は、図1の光学素子100と同一または略同一であり、その説明を適宜省略する。

【0121】

光学素子110は、直方体または略直方体に対して孔113を設けた形状を有する。光学素子110は、基材(基体)111と凸レンズ112とを有する。

基材111では、第1の面である下面110Bと、第2の面である上面110Uとが対向している。

【0122】

基材111は、凸レンズ112の凸状の曲面112Cに密着する凹状の曲面(具体的には環状の傾斜面)111Cが基材111の下面110Bに形成されると共に、凹状の曲面111Cの奥側から上面110Uに通じる孔113が形成されている。

そして、凸レンズ112の凸状の曲面の一部(具体的には中央部)が、基材1

11の孔113に露出している。

【0123】

凸レンズ112は、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面112Cにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ112の光軸またはその延長線は孔113を通り抜けている。凸レンズ112を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面112Cの形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔113は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔113の対称軸と凸レンズ112の光軸とが一致もしくは略一致している。孔113の半径は、凸レンズ102、112の半径よりも小さい。

【0124】

凸レンズ112の平坦面は、光学素子110の上面110U（または基材111の上面）と平行または略平行になっている。また、基材111の下面110Bのうち凹状の曲面111Cの周囲の平坦部と、凸レンズ112の平坦面は、平行または略平行であり、図18では同一平面上に位置している。

【0125】

基材111の材料を例えば石英とし、凸レンズ112の材料を例えば窒化ケイ素（窒化シリコン）としてもよい。また、基材111の材料を例えば窒化ケイ素とし、凸レンズ112の材料を例えば石英としてもよい。

【0126】

光学素子110の基材111、凸レンズ112、上面110U、および下面110Bは、光学素子100の基材101、凸レンズ102、上面100U、および下面100Bに各々対応している。

【0127】

光学系119では、凸レンズ102、112の光軸が一致または略一致するように、光学素子100の下面100Bと光学素子110の上面110Uとが接合されている。

【0128】

光学素子100、110は、板状または略板状の形状にすることも可能である

。光学素子100, 110は、高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

例えば、基材101, 111に、半導体集積回路を製造する場合に用いるマスク合わせの目印のように、位置合わせ用の目印を付けておくことで、この目印を用いて複数の光学素子を高精度で積み重ねることが可能である。

【0129】

また、光学素子100, 110の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状にすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、2次元方向（縦横方向）の位置合わせで光学素子を積み重ねることができ、光学系119を容易に作成可能である。

【0130】

光学系の第2の実施の形態

図19は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第2の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図19中の光学素子100は、図1の光学素子100と同一または略同一であり、その説明を適宜省略する。

この光学系119Aは、光学素子100, 700を有し、光学素子100, 700を積み上げて構成されている。

【0131】

光学素子700は、基材701と凸レンズ702とを有する。基材701は光学材料からなり、基材701と凸レンズ702は屈折率が異なる。光学素子700は、例えば、図4(F)に示すような、光学材料7Mが凹部6Bに充填された基材6を用いてもよく、この場合の基材6の材料6Mは光学材料とする。

同様にして、光学素子700は、図7(I)に示すような、光学材料7Mが凹部10Bに充填された基材10, 11を用いてもよく、この場合の基材10, 11の材料10M, 11Mは光学材料とする。なお、図10(H)、図13(F)、および、図15(D)についても同様である。

【0132】

基材701は、基材701の下面に回転対称または略回転対称な凹部701B

を有する。凹部701Bをその対称軸に沿って切断した場合における凹部701Bの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部701Bは、基材701とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部701Bにより凸レンズ702が構成されている。

【0133】

凸レンズ702の下面是、平坦であり、光学素子700の上面700U（または基材701の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ702の下面と基材701の下面700Bの平坦部は、同一平面上に位置している。

凸レンズ702の凸状の曲面は、基材700の凹部701Bの表面に密着している。

【0134】

光学素子700は、直方体または略直方体の形状であり、上面700Uに光を入射させた場合に、凸レンズ702の平坦面から出射する光を、収束（集束）もしくは発散させることができ、または平行光にすることができる。

凸レンズ102, 702の光軸が一致または略一致するように、光学素子100の下面100Bと光学素子700の上面700Uとが接合されている。

【0135】

光学素子100, 700は、板状または略板状にすることも可能である。光学素子100, 700は高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

また、光学素子100, 700の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状とすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、光学系119Aを容易に作成可能である。

また、光学系119Aにおいて、凸レンズ702を凸レンズ102よりも小さくしてソリッドイメージョンレンズ（SIL）を構成することが可能であり、高い開口数を得ることが可能である。

【0136】

光学系の第3の実施の形態

図20は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第3の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図20の光学系119Bにおいて、図18中の光学素子110と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系119Bは、光学素子110, 710を有し、光学素子110, 710を積み上げて構成されている。

【0137】

光学素子710は、基材711と凸レンズ712とを有する。基材711は光学材料からなり、基材711と凸レンズ712は屈折率が異なる。光学素子710は、例えば、図4(F)に示すような、光学材料7Mが凹部6Bに充填された基材6を用いてもよく、この場合の基材6の材料6Mは光学材料とする。

同様にして、光学素子710は、図7(I)に示すような、光学材料7Mが凹部10Bに充填された基材10, 11を用いてもよく、この場合の基材10, 11の材料10M, 11Mは光学材料とする。なお、図10(H)、図13(F)、および、図15(D)についても同様である。

【0138】

基材711は、基材711の下面に回転対称または略回転対称な凹部711Bを有する。凹部711Bをその対称軸に沿って切断した場合における凹部711Bの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部711Bは、基材711とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部711Bにより凸レンズ712が構成されている。

【0139】

凸レンズ712の下面是、平坦であり、光学素子710の上面710U(または基材711の上面)と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ712の下面と基材711の下面710Bの平坦部は、同一平面上に位置している。

凸レンズ712の凸状の曲面は、基材710の凹部711Bの表面に密着して

いる。

【0140】

光学素子710は、直方体または略直方体の形状であり、上面710Uに光を入射させた場合に、凸レンズ712の平坦面から出射する光を、収束（集束）もしくは発散させることができ、または平行光にすることができる。

凸レンズ112、712の光軸が一致または略一致するように、光学素子710の下面710Bと光学素子110の上面110Uとが接合されている。

【0141】

光学素子110、710は、板状または略板状にすることも可能である。光学素子110、710は高い精度で位置合わせを行って積み重ねることが可能である。

また、光学素子110、710の形状を、直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状の形状とすることで、光学素子を積み重ねる場合に各レンズ（の光軸）の傾きが生じることを防ぐことができ、光学系119Bを容易に作成可能である。

【0142】

光学系の第4の実施の形態

図21は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第4の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図21の光学系149において、図18の光学系119と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

【0143】

この光学系149は、光学素子100、110、120を有し、光学素子120上に光学素子110が積み上げてあり、光学素子110上に光学素子100が積み上げてある。

光学素子100、110、120の凸レンズ102、112、122の光軸が一致または略一致するように、光学素子100、110、120が接合されている。

【0144】

光学系119は、光学素子100, 110を有する。

光学素子100の凸レンズ102は、コリメータレンズである。凸レンズ102は、半導体レーザ60からのレーザ光が孔103を通して入射され、当該レーザ光を平行光にして光学素子110に供給する。

光学素子110の凸レンズ112は、光学素子100からの平行光が孔113を通して入射され、当該平行光のレーザ光を凸レンズ122に集光する。

【0145】

光学素子120は、基材121と凸レンズ122とを有する。基材121は光学材料からなり、基材121と凸レンズ122は屈折率が異なる。

基材121は、基材121の下面に回転対称または略回転対称な凹部121Bを有する。凹部121Bをその対称軸に沿って切断した場合における凹部121Bの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部121Bは、基材121とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部121Bにより凸レンズ122が構成されている。

【0146】

凸レンズ122の下面是、平坦であり、光学素子120の上面（または基材121の上面）と平行または略平行になっている。また、凸レンズ122の下面および基材121の下面の平坦面は、同一平面上に位置している。

【0147】

光学素子120は、直方体または略直方体の形状であり、光学系119の凸レンズ112からの光を入射させた場合に、光学素子120の凸レンズ122の平坦面から出射する光を、光ディスク80の記録面に集光することができる。

【0148】

光学系129は、光学素子110, 120を有する。光学素子110, 120の組み合わせにより、ソリッドイメージョンレンズ（SIL）を構成している。凸レンズ122の屈折率を大きくすることで光学系129の開口数NAをより高くすることができる。

光学素子100～120では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ102～122を形成しているので、凸レンズ102～122の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【0149】

なお、光学素子120の底面（光ディスク80と対向する対向面）の角に丸みを設けることで、光ディスク80の表面との衝突および／または衝撃を減らすことが可能である。

【0150】

光学系の第5の実施の形態

図22は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第5の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図22の光学系149Aにおいて、図19の光学系119Aと同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。また、図22の光学系149Aにおいて、図21中の光学素子120を用いており、この光学素子120の説明を適宜省略する。

【0151】

この光学系149Aは、光学素子100, 120, 700を有し、光学素子120上に光学素子700が積み上げてあり、光学素子700上に光学素子100が積み上げてある。

光学素子100, 120, 700の凸レンズ102, 122, 702の光軸が一致または略一致するように、光学素子100, 120, 700が接合されている。

【0152】

光学系119Aは、光学素子100, 700を有する。

光学素子100の凸レンズ102は、コリメータレンズである。凸レンズ102は、半導体レーザ60からのレーザ光が孔103を通して入射され、当該レーザ光を平行光にして光学素子700に供給する。

光学素子700の基材701と凸レンズ702は、屈折率が互いに異なる。凸レンズ702は、光学素子100からの平行光が入射され、当該平行光のレーザ

光を凸レンズ122に集光する。

【0153】

光学素子120は、直方体または略直方体の形状であり、光学系119Aの凸レンズ702からの光を入射させた場合に、光学素子120の凸レンズ122の平坦面から出射する光を、光ディスク80の記録面に集光することができる。

【0154】

光学系129Aは、光学素子120, 700を有する。光学素子120, 700の組み合わせにより、ソリッドダイマージョンレンズ(SIL)を構成している。凸レンズ122の屈折率を大きくすることで光学系129Aの開口数NAをより高くすることができる。

光学素子100, 120, 700では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ102, 122, 702を形成しているので、凸レンズ102, 122, 702の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【0155】

光学系の第6の実施の形態

図23は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第6の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図23の光学系149Bにおいて、図20の光学系119Bと同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。また、図22の光学系149Aにおいて、図21中の光学素子120を用いており、この光学素子120の説明を適宜省略する。

【0156】

光学系149Bは、光学素子110, 120, 710を有し、光学素子120上に光学素子110が積み上げてあり、光学素子110上に光学素子710が積み上げてある。

光学素子110, 120, 710の凸レンズ112, 122, 712の光軸が一致または略一致するように、光学素子110, 120, 710が接合されている。

【0157】

光学系119Bは、光学素子110，710を有する。光学素子710の基材711と凸レンズ712は、屈折率が互いに異なる。

光学素子710は、コリメータレンズの機能を有する。凸レンズ712は、半導体レーザからのレーザ光を平行光にして光学素子110に供給する。

光学素子110の凸レンズ112は、光学素子710からの平行光が孔113を通して入射され、当該平行光のレーザ光を凸レンズ122に集光する。

【0158】

光学素子120は、直方体または略直方体の形状であり、光学系119Bの凸レンズ712からの光を入射させた場合に、光学素子120の凸レンズ122の平坦面から出射する光を、光ディスク80の記録面に集光することができる。

【0159】

光学系129は、光学素子110，120を有する。光学素子110，120の組み合わせにより、ソリッドイメージョンレンズ（SIL）を構成している。凸レンズ122の屈折率を大きくすることで光学系129の開口数NAをより高くすることができる。

光学素子110，120，710では、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ112，122，712を形成しているので、凸レンズ112，122，712の材料の選択幅を大きくすることができ、凸レンズの材料として屈折率の大きい光学材料を用いることができる。

【0160】

光学系の第7の実施の形態

図24は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第7の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図24の光学系159において、図21の光学系149と同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系159は、図21の光学系149の光学素子100，110間に、ビームスプリッタである光学素子150を挿入した構成である。

【0161】

光学系159は、光学素子100, 110, 120, 150を有し、光学素子120上に光学素子110が積み上げてあり、光学素子110上に光学素子150が積み上げてあり、光学素子150上に光学素子100が積み上げてある。光学素子100, 110, 120の凸レンズ102, 112, 122の光軸が一致または略一致するように、光学素子100, 110, 120, 150が接合されている。

【0162】

光学素子100, 110の間に位置する光学素子150は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜）152が凸レンズ102, 112の間に位置している。

この半透明膜152は、光学素子100（の凸レンズ102）からの平行光を通過させ、光学素子110（の凸レンズ112）からの戻り光を反射する。

【0163】

光学素子100の凸レンズ102は、コリメータレンズであり、半導体レーザ60からのレーザ光を平行光にし、この平行光を光学素子150を介して光学系129内の光学素子110に供給する。

【0164】

光学系129は、光学素子150からの平行光をレンズ112, 122を経て凸レンズ122の底面から出射し、出射光を光ディスク80の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系129は、光ディスク80（の記録面）で反射した反射レーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子150に供給する。

光学素子100と光学系129との間に、ビームスプリッタである光学素子150を介在させることで、光ディスク80で反射した反射レーザ光を光学素子150の側面から取り出すことが可能である。

【0165】

光学系の第8の実施の形態

図25は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第8の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図25の光学系159Aにおいて、図24の光学系

159および図22の光学系149Aと同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系159Aは、図22の光学系149Aの光学素子100, 700間に、ビームスプリッタである光学素子150を挿入した構成である。

【0166】

光学系159Aは、光学素子100, 120, 150, 700を有し、光学素子120上に光学素子700が積み上げてあり、光学素子700上に光学素子150が積み上げてあり、光学素子150上に光学素子100が積み上げてある。光学素子100, 120, 700の凸レンズ102, 122, 702の光軸が一致または略一致するように、光学素子100, 120, 150, 700が接合されている。

【0167】

光学素子100, 700の間に位置する光学素子150は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜）152が凸レンズ102, 702の間に位置している。

この半透明膜152は、光学素子100（の凸レンズ102）からの平行光を通過させ、光学素子700（の凸レンズ702）からの戻り光を反射する。

【0168】

光学素子100の凸レンズ102は、コリメータレンズであり、半導体レーザ60からのレーザ光を平行光にし、この平行光を光学素子150を介して光学系129A内の光学素子700に供給する。

【0169】

光学系129Aは、光学素子150からの平行光をレンズ702, 122を経てレンズ122の底面から出射し、出射光を光ディスク80の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系129Aは、光ディスク80（の記録面）で反射した反射レーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子150に供給する。

光学素子100と光学系129Aとの間に、ビームスプリッタである光学素子150を介在させることで、光ディスク80で反射した反射レーザ光を光学素子150の側面から取り出すことが可能である。

【0170】

光学系の第9の実施の形態

図26は、本発明に係る光学素子を用いた光学系の第9の実施の形態を示す概略的な構成図である。なお、図26の光学系159Bにおいて、図24の光学系159および図23の光学系149Bと同一構成部分には同一符号を付しており、同一構成部分の説明を適宜省略する。

この光学系159Bは、図23の光学系149Bの光学素子110, 710間に、ビームスプリッタである光学素子150を挿入した構成である。

【0171】

光学系159Bは、光学素子110, 120, 150, 710を有し、光学素子120上に光学素子110が積み上げてあり、光学素子110上に光学素子150が積み上げてあり、光学素子150上に光学素子710が積み上げてある。光学素子110, 120, 710の凸レンズ112, 122, 712の光軸が一致または略一致するように、光学素子110, 120, 150, 710が接合されている。

【0172】

光学素子110, 710の間に位置する光学素子150は、ビームスプリッタの機能を有し、半透明の膜（半透明膜）152が凸レンズ112, 712の間に位置している。

この半透明膜152は、光学素子710（の凸レンズ712）からの平行光を通過させ、光学素子110（の凸レンズ112）からの戻り光を反射する。

【0173】

光学素子710は、コリメータレンズの機能を有しており、半導体レーザ60からのレーザ光を平行光にし、この平行光を光学素子150を介して光学系129内の光学素子110に供給する。

【0174】

光学系129は、光学素子150からの平行光を凸レンズ112, 122を経て凸レンズ122の底面から出射し、出射光を光ディスク80の記録面に集光して当該記録面を照射する。また、光学系129は、光ディスク80（の記録面）

で反射した反射レーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子150に供給する。

光学素子710と光学系129との間に、ビームスプリッタである光学素子150を介在させることで、光ディスク80で反射した反射レーザ光を光学素子150の側面から取り出すことが可能である。

【0175】

光ヘッド

図27は、本発明に係る光学素子を用いた光ヘッドの実施の形態を示す概略的な構成図である。

この光ヘッド600は、光学系329と、ICチップ74と、プリズム75と、光学素子340とを有し、スイングアーム72およびサスペンション73によりフライングヘッド（浮上型光ヘッド）を構成している。

【0176】

光学系329は、光学素子300、320を有し、光学素子320上に光学素子300が積み上げてある。この光学系329は、スライダを構成しており、光学系329の光学素子320の底面320Bと光ディスク80の表面とが対向しており、光学素子320の底面320Bがスライダ面を構成している。

【0177】

スイングアーム72の下面（底面）には、サスペンション73が取り付けてあり、又はサスペンション73が形成されている。

また、スイングアーム72の下面の先端部には、ICチップ74の上面が接合されている。

【0178】

ICチップ74の下面には、プリズム75の上面と台座76の上面とが接合されている。

プリズム75の下面には、光学素子340の上面が接合されている。

台座76の下面には、可撓性の光ファイバ71が接合されている。例えば、台座76の下面にV字溝を形成し、当該V字溝に光ファイバがはめ込まれるように、光ファイバ71を接着剤で固着する。なお、台座76は、ICチップ74と同一の材料とすることが望ましい。

サスペンション73の先端部には、光学系329が取り付けてある。

【0179】

光学素子340は、直方体または略直方体に対して孔343を設けた形状を有する。光学素子340は、基材（基体）341と凸レンズ342とを有する。

基材341は、凸レンズ342の凸状の曲面に密着する凹状の曲面（具体的には環状の傾斜面）341Cが下面340Bに形成されていると共に、凹状の曲面341Cの奥側から上面340Uに通じる孔343が形成されている。

そして、凸レンズ342の凸状の曲面の一部（具体的には中央部）が、基材341の孔343に露出している。

【0180】

凸レンズ342は、コリメータレンズであり、平坦面とこの平坦面に対向する凸状の曲面とにより囲まれた回転対称または略回転対称な形状を有し、凸レンズ342の光軸またはその延長線は孔343を通り抜けている。凸レンズ342を光軸に沿って切断した場合における凸状の曲面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

孔343は、回転対称または略回転対称な形状を有し、孔343の対称軸と凸レンズ342の光軸とが一致もしくは略一致している。

【0181】

凸レンズ342の平坦面は、光学素子340の上面340U（または基材341の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、基材341の下面340Bのうち凹状の曲面341Cの周囲の平坦部（または平坦面）と、凸レンズ342の平坦面は、平行もしくは略平行であり、図27では同一平面上に位置している。

【0182】

光学素子340は、直方体または略直方体の形状であり、上面340Uに光を入射させた場合に、光学素子340の下面340Bから出射する光を、凸レンズ342により平行光にすることができる。

【0183】

プリズム75の傾斜面にはハーフミラーが形成されており、このハーフミラー

は光ファイバ71の端面から放射されたレーザ光を反射して光学素子340に供給する。

光学素子340は、プリズム75のハーフミラーからのレーザ光を孔343を通して凸レンズ342に供給する。凸レンズ342は、ハーフミラーからのレーザ光を平行光にして、光学系329に供給する。

【0184】

光学系329は、光学素子340からのレーザ光をレンズ302、322を用いて光ディスク80に集光し、光ディスク80の記録面に焦点を結像させる。また、光学系329は、光ディスク80の記録面で反射したレーザ光（戻りレーザ光）を、光学素子340の凸レンズ342および孔343を介してプリズム75に戻す。

プリズム75の傾斜面のハーフミラーは、光学系329からの戻りレーザ光を透過してICチップ74に供給する。

【0185】

ICチップ74は、光半導体複合素子であり、ICチップ74の下面には、光検出器および演算回路が形成され、または、光検出器および演算回路が取り付けである。

光検出器は、戻りレーザ光を受光して戻りレーザ光に応じた受光信号を演算回路に供給する。

演算回路は、光検出器からの受光信号に基づいて所定の演算を行い、演算結果を示す信号を生成する。この信号は、ICチップ74に接続された信号線から取り出すことができるようになっている。

【0186】

図28は、図27中の光学系329を示す概略的な構成図である。

光学系329は、光学素子300、320を有する。

光学素子320は、基材321と凸レンズ322とを有する。基材321は光学材料からなり、基材321と凸レンズ322は屈折率が互いに異なる。

【0187】

基材321は、基材321の下面に回転対称または略回転対称な凹部321B

を有する。凹部321Bをその対称軸に沿って切断した場合における凹部321Bの表面の形状は、好適には円弧または略円弧とする。

凹部321Bは、基材321とは屈折率の異なる光学材料で充填されており、当該光学材料で充填された凹部321Bにより凸レンズ322が構成されている。

【0188】

凸レンズ322の下面是、平坦であり、光学素子320の上面320U（または基材321の上面）と平行もしくは略平行になっている。また、凸レンズ322の下面と基材321の下面320Bの平坦部は、同一平面上に位置し、光学素子320の下面を構成している。

【0189】

光学素子320は、直方体または略直方体の形状であり、上面320Uに光を入射させた場合に、凸レンズ322の平坦面から出射する光を収束（集束）させることができる。

凸レンズ302、322の光軸が一致または略一致するように、光学素子300（または基材301）の下面300Bと光学素子320の上面320Uとが接合されている。

なお、光学素子320の底面（光ディスク80と対向する対向面）320Bの角に丸みを設けることで、光ディスク80の表面との衝突および／または衝撃を減らすことが可能である。

【0190】

光学素子320の基材321は、例えば酸化アルミニウムまたは酸化ケイ素としてもよい。

光ヘッド600の光学系329は剛性および／または硬度が大きいことが望ましく、光学素子320の基材321を酸化アルミニウムとすることで、剛性および／または硬度を大きくすることができる。

光学系329により高い開口数を得ることができ、光学系329によりソリッドイメージョンレンズ（固体油含浸レンズ、SIL）を構成して当該光学系329を近接場の領域で使用することで、近接場光記録再生を行うことが可能であり

、光ディスクの記録密度を向上可能である。

【0191】

光学素子320の底面320Bには、スライダである光学系329を浮上させるためのレールを形成してもよい。

光学素子320の底面320Bには、光ディスク80が光磁気ディスクである場合に、光磁気記録時に磁界（または磁力線）を発生するコイルを形成してもよい。

光学素子320の底面320Bのレールおよび／またはコイルは、光学素子320を直方体もしくは略直方体または板状もしくは略板状にすることで、半導体製造プロセスを利用して容易に作成可能である。

【0192】

一例として、光学系329の横方向の大きさは約1mmとし、縦方向の大きさは約0.5mmとし、高さ方向の大きさは約0.4mmとする。

一例として、光学素子300の高さ方向の大きさは約0.3mmとし、光学素子320の高さ方向の大きさは約0.13mmとする。

一例として、凸レンズ302の底面（または平坦面）の直径は約0.2mmとし、凸レンズ322の底面（または平坦面）の直径は約0.1mmとする。

【0193】

図29は、図27中のICチップ74およびその周辺の構成例を示す概略的な説明図である。

ICチップ74は、不図示の電源線により駆動電力が供給されるようになっている。また、ICチップ74は、可撓性の信号線79により、ICチップ74の出力信号を取り出すことができると共に、ICチップ74に信号を供給することができるようになっている。なお、信号線79は、銅などの金属の極細線に薄い絶縁皮膜を施した構成としてもよい。

【0194】

ICチップ74の下面には、プリズム75の上面と台座（サブマウント）76の上面とが接合されている。台座76の下面には、光ファイバ71が接合されている。

プリズム75の傾斜面にはハーフミラー78が形成されている。ハーフミラー78は、光ファイバ71の端面から放射されたレーザ光を反射して光学素子340の凸レンズ342に供給する。

凸レンズ342を通過したレーザ光は、光学系329を介して光ディスク80に照射され、光ディスク80の記録面で反射して凸レンズ342に戻る。

【0195】

ハーフミラー78は、凸レンズ342からの戻りレーザ光を透過してプリズム75の傾斜面に供給する。プリズム75の傾斜面は、ハーフミラー78を透過した戻りレーザ光をICチップ74に供給する。

なお、ハーフミラー78は、光ファイバ71の端面の方向からのレーザ光を反射し、凸レンズ342の方向からのレーザ光を透過する多層膜により構成されている。

【0196】

ICチップ74の下面には、光検出器77が形成されている。この光検出器77は、第1および第2の光検出器77A, 77Bを有する。

プリズム75の傾斜面を透過した戻りレーザ光は、第2の光検出器77B上に集光して反射し、プリズム75の下面で再度反射し、第1の光検出器77A上に集光する。なお、プリズム75の下面には不図示の反射膜が形成されている。

ICチップ74は、光検出器77A, 77Bの出力信号をICチップ74内の演算回路に供給する。

【0197】

光検出器77を6分割光検出器とし、光検出器77A, 77Bを3分割光検出器とすることで、D-3DF (Differential - 3 Devived Focusing) によりフォーカス誤差信号を生成可能であり、プッシュプル法によりトラッキング誤差信号を生成可能であり、光検出器77Aまたは光検出器77Bの出力信号の和により再生信号を生成可能である。

さらに、ICチップ74は、信号線79から、フォーカス誤差信号、トラッキング誤差信号および再生信号を取り出すことができるようになっている。

【0198】

図27の光ヘッド600では、半導体レーザを備えた光ヘッドに比べ、光ヘッドの小型化が可能であり、光ヘッドを素早く移動させることが可能である。

例えば、半導体レーザを光ヘッドに設けるには、半導体レーザの発熱対策用の放熱部品や、半導体レーザを保護する気密容器等が必要であるが、光ヘッド600では、当該放熱部品および気密容器が不要であり、この点で小型化が可能である。

このように、軽量で小型の光ヘッド600を用いることで、光ディスク装置の小型化が可能であると共に、光ディスク80への高速アクセスが可能である。

【0199】

また、光ヘッド600では、光ディスク80からの反射レーザ光（戻りレーザ光）を電気信号に変換するので、戻りレーザ光を光ファイバ71に送り込むことが不要となる。したがって、戻りレーザ光を光ファイバ71に送り込むための部品の高精度の配置が不要となり、製造の容易な光ヘッド600を得ることができる。

さらに、振動に対する信頼性が高く、信号品質が高い光ヘッド600を得ることができる。

【0200】

なお、モールドレンズに使用されるガラスの屈折率は、一例として1.4~1.7である。

本発明に係る光学素子の凸レンズの光学材料、特に大きい屈折率（または高い屈折率）の光学材料には、例えば、酸化アルミニウム（例えば屈折率が約1.8の Al_2O_3 ）、酸化チタン（例えば屈折率が約2.5の TiO_2 ）、酸化タンタル（例えば屈折率が約2.4の Ta_2O_5 ）、リン化ガリウム（例えば屈折率が約3.3の GaP ）等が使用可能であり、上記光学材料を用いることで、開口数が大きい凸レンズを作成可能である。

【0201】

また、本発明に係る光学素子の凸レンズの光学材料には、 $\text{Ta}_{x_1}\text{O}_{y_1}$, $\text{Ti}_{x_2}\text{O}_{y_2}$, $\text{Al}_{x_3}\text{O}_{y_3}$, $\text{Si}_{x_4}\text{O}_{y_4}$, $\text{Si}_{x_5}\text{N}_{y_5}$, $\text{Mg}_{x_6}\text{F}_{y_6}$, $\text{Ga}_{x_7}\text{N}_{y_7}$, Ga

$X_8P_{Y_8}$ 、 $T_iX_9N_bY_9O_{Z_9}$ 、 $T_iZ_6TaZ_7O_{Z_8}$ 、 $N_bZ_4O_{Z_5}$ 等の化合物を使用可能である。但し、 $X_1 \sim X_9$ 、 $Y_1 \sim Y_9$ 、 $Z_4 \sim Z_9$ は、前記化合物が存在し得るような数値である。

【0202】

なお、上記実施の形態は本発明の例示であり、本発明は上記実施の形態に限定されない。

【0203】

【発明の効果】

以上に説明したように、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、小型の凸レンズを有する光学素子を作成可能である。また、本発明に係る光学素子の製造方法によれば、小型で開口数が大きい凸レンズを有する光学素子を作成可能である。

また、本発明によれば、上記製造方法から作成可能な光学素子と、当該光学素子を用いた光学系とを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る光学素子の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図2】

本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図3】

図2に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図4】

図3に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第1の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図5】

本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図6】

図5に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図7】

図6に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第2の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図8】

本発明に係る光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図9】

図8に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図10】

図9に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第3の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図11】

本発明に係る光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図12】

図11に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図13】

図12に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第4の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図14】

本発明に係る光学素子の製造方法の第5の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図15】

図14に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第5の実施の形態を示す

概略的な説明図である。

【図16】

本発明に係る光学素子の製造方法の第6の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図17】

図16に続いて、本発明に係る光学素子の製造方法の第6の実施の形態を示す概略的な説明図である。

【図18】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第1の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図19】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第2の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図20】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第3の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図21】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第4の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図22】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第5の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図23】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第6の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図24】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第7の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図25】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第8の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図26】

本発明に係る光学素子を用いた光学系の第9の実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図27】

本発明に係る光学素子を用いた光ヘッドの実施の形態を示す概略的な構成図である。

【図28】

図27中の光学系329を示す概略的な構成図である。

【図29】

図29は、図27中のICチップおよびその周辺の構成例を示す概略的な説明図である。

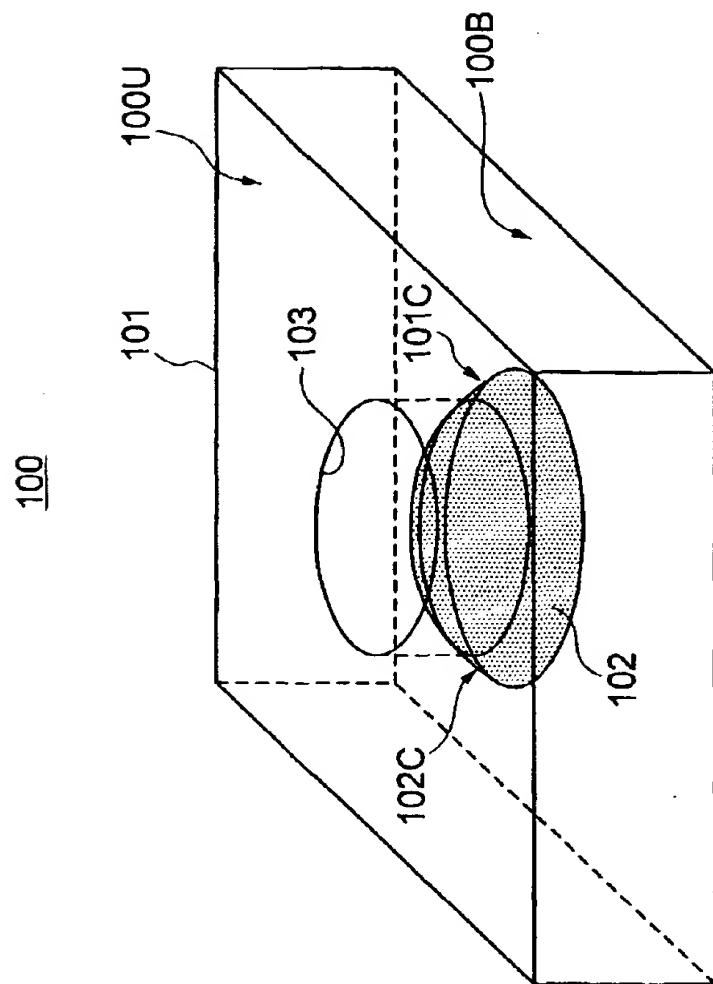
【符号の説明】

3…金型、4…通路、5, 8U, 10U…凸部、6, 11, 21, 31, 41, 51, 86, 101, 111, 121, 301, 321…基材、6B, 7B, 10B, 20B, 27U, 31U, 41U, 51U, 86B, 101B, 111B, 701B, 711B…凹部、6L, 6M, 10M, 11M, 20M, 21M, 31M, 41M, 86M…材料、7M, 27M, 37M…光学材料、7, 10, 20, 27, 37, 87…層、8, 18…シリコン基板、9, 19…レジスト、10S, 100U, 110U, 120U…上面、32…エッティング液、29, 50, 52, 54, 56, 58…レジスト膜、29H, 50H, 52H, 54H, 56H, 58H…窓、51, 53, 55, 57, 59, 103, 113, 303, 343…孔、60…半導体レーザ、71…光ファイバ、72…スイングアーム、73…サスペンション、74…ICチップ、75…プリズム、76…台座、77, 77A, 77B…光検出器、78…ハーフミラー、79…信号線、80…光ディスク、85…被膜、100, 110, 120, 340, 700, 710…光学素子、100B, 110B, 120B…下面、6C, 10C, 20C, 31

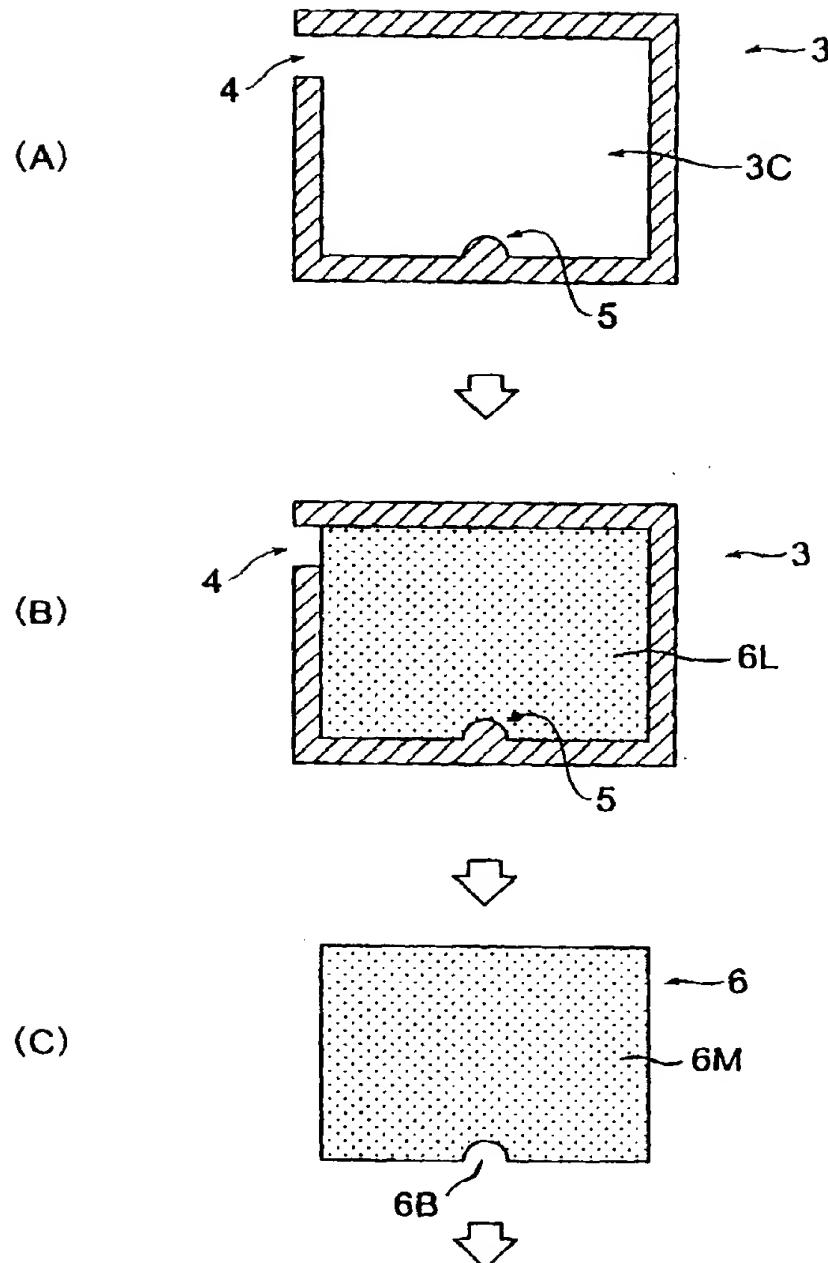
C, 41C, 86C, 101C, 111C, 301C, 341C…凹状の曲線、
102, 112, 122, 302, 322, 342, 702, 712…凸レンズ
、7C, 27C, 37C, 87C, 102C, 112C, 302C…凸状の曲線
、119, 119A, 119B, 129, 129A, 149, 149A, 159
, 159A, 329…光学系、150…光学素子（ビームスプリッタ）、600
…光ヘッド。

【書類名】 図面

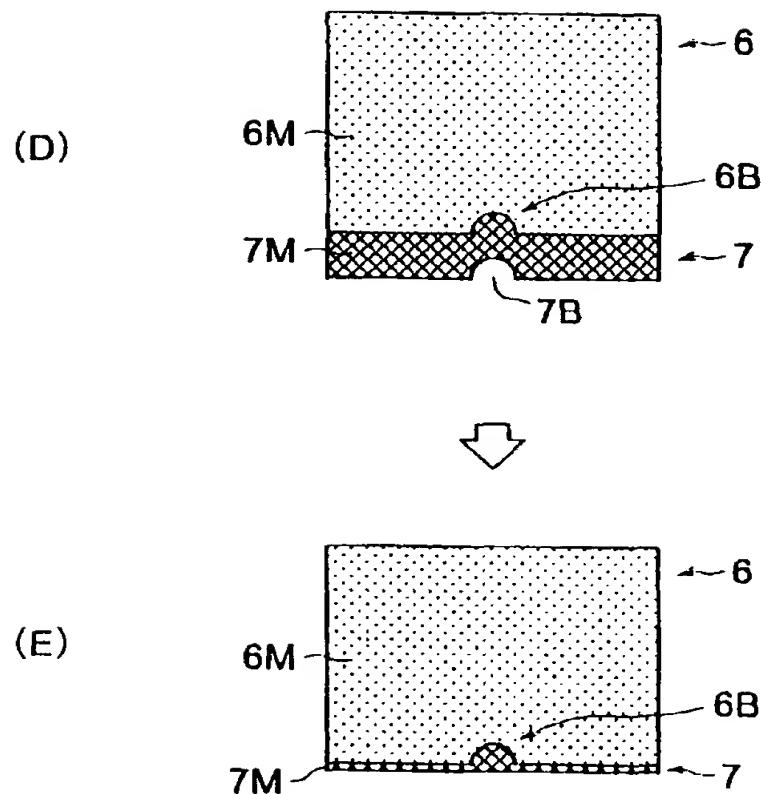
【図1】



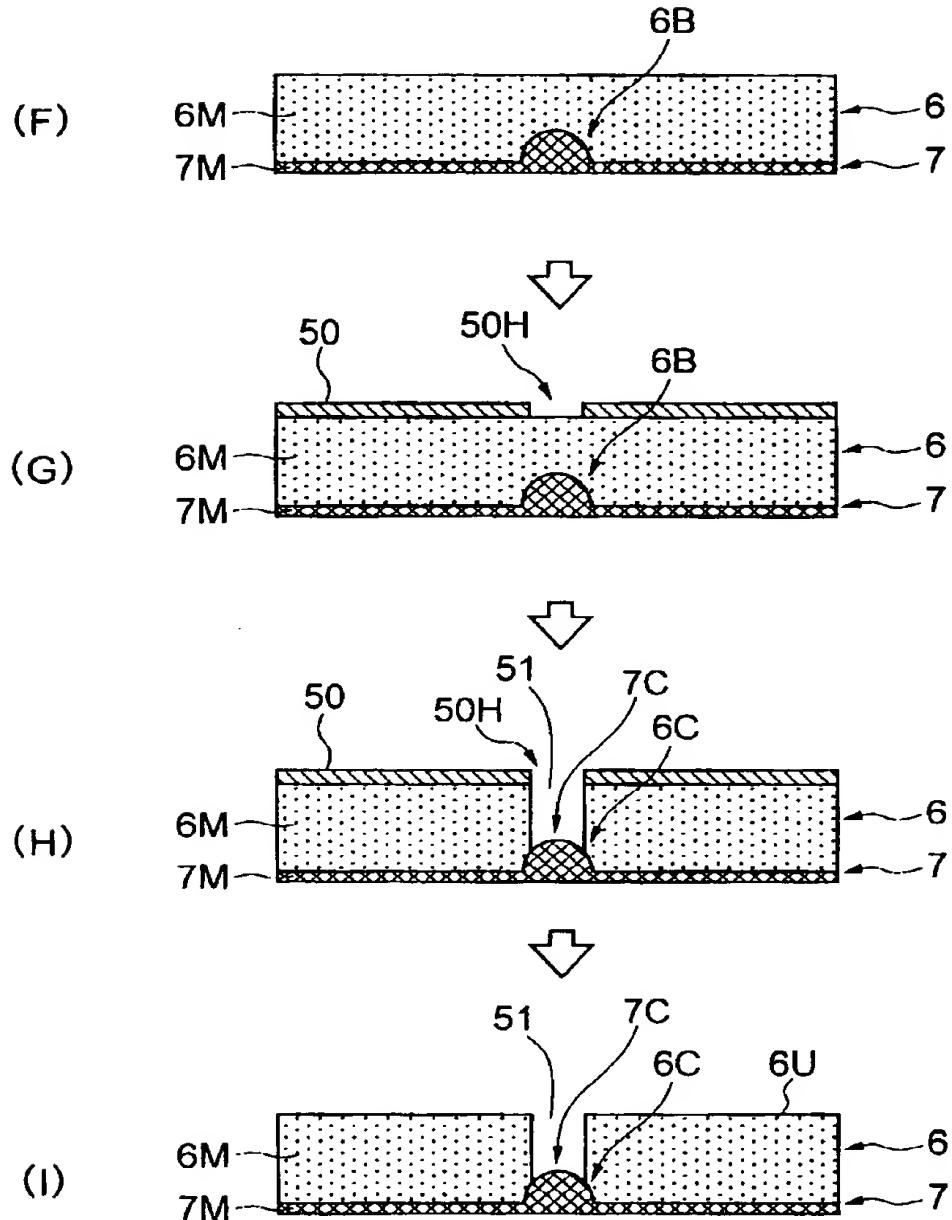
【図2】



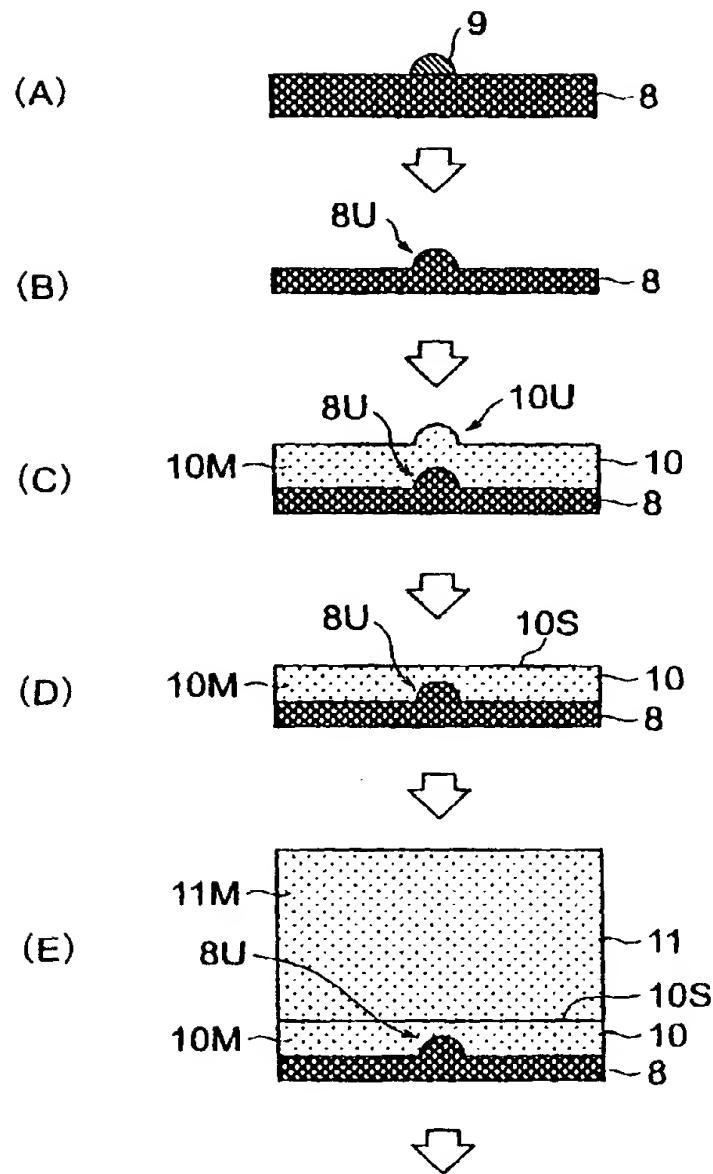
【図3】



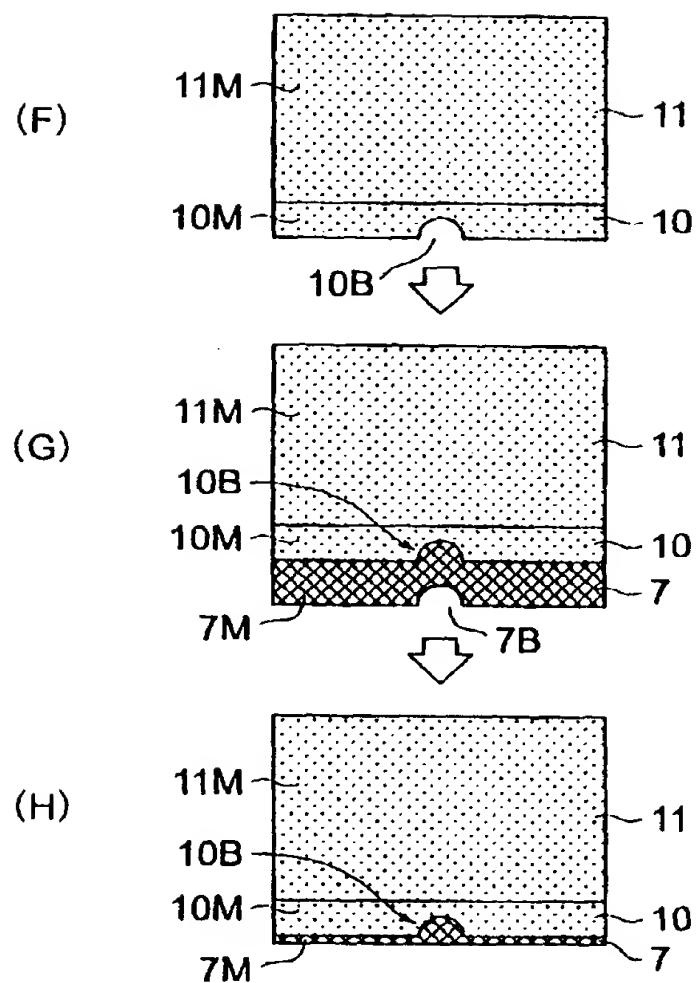
【図4】



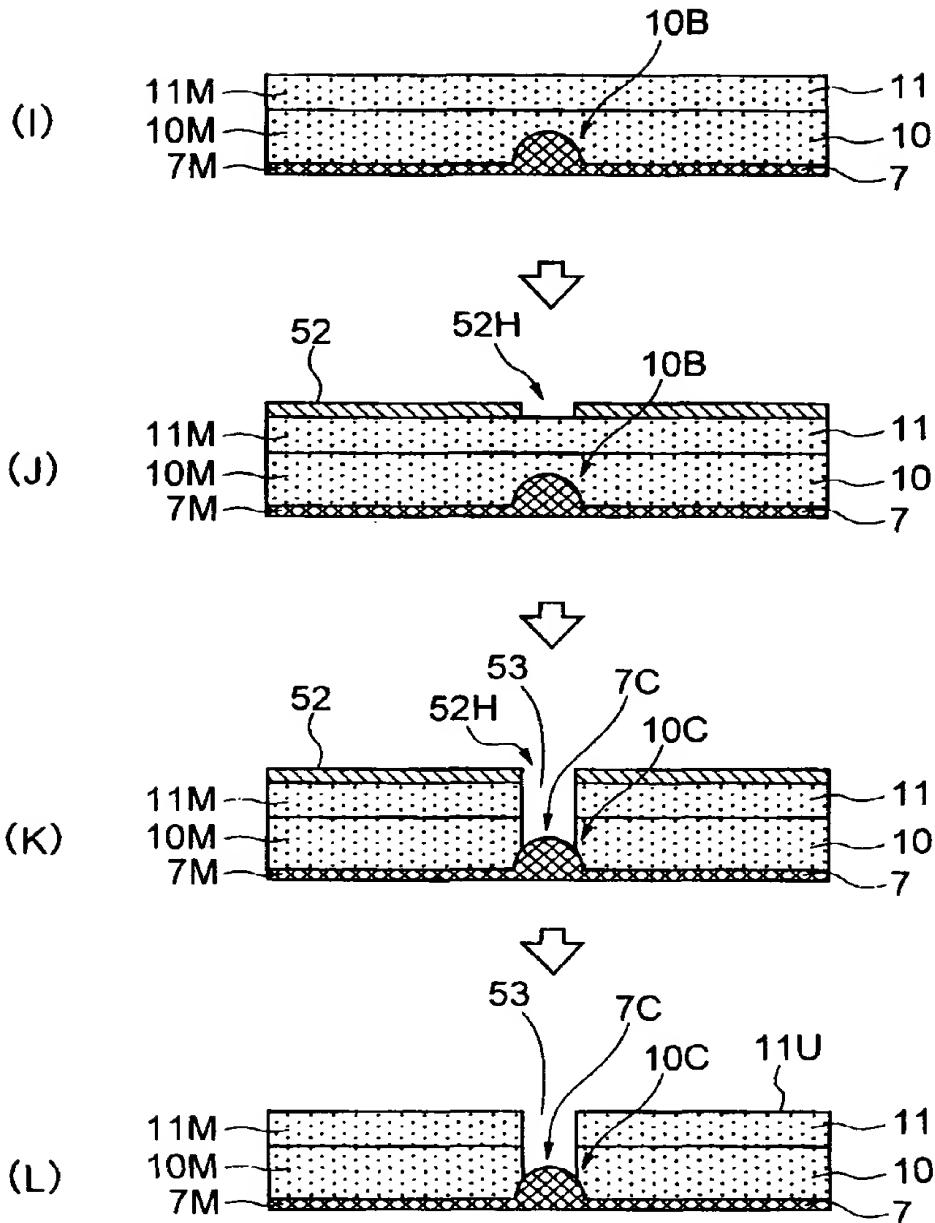
【図5】



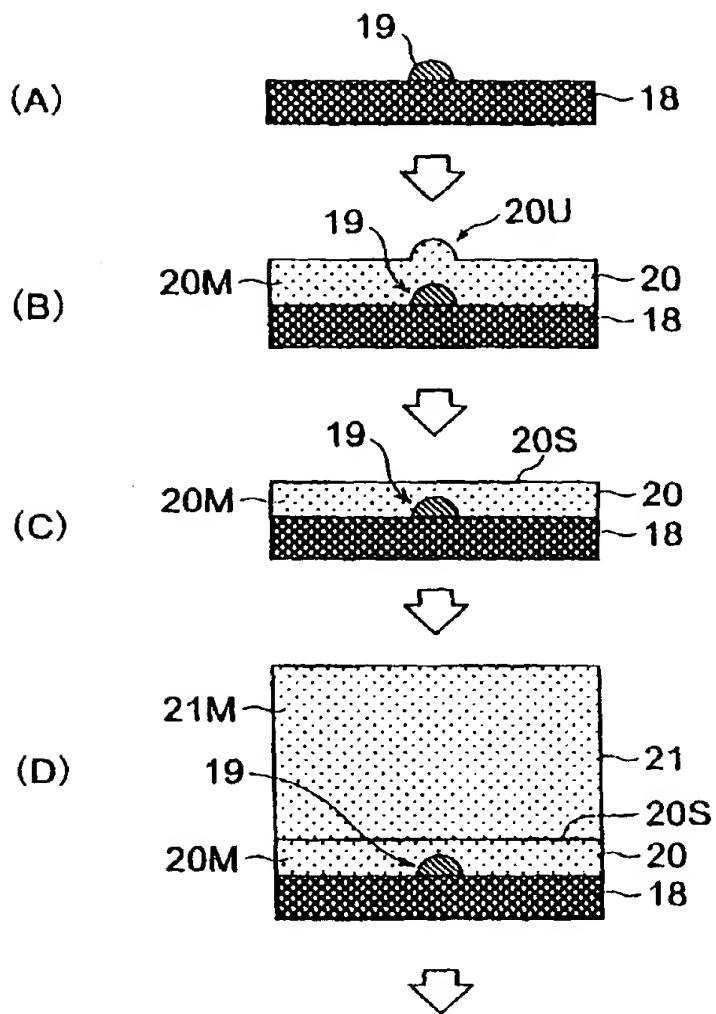
【図6】



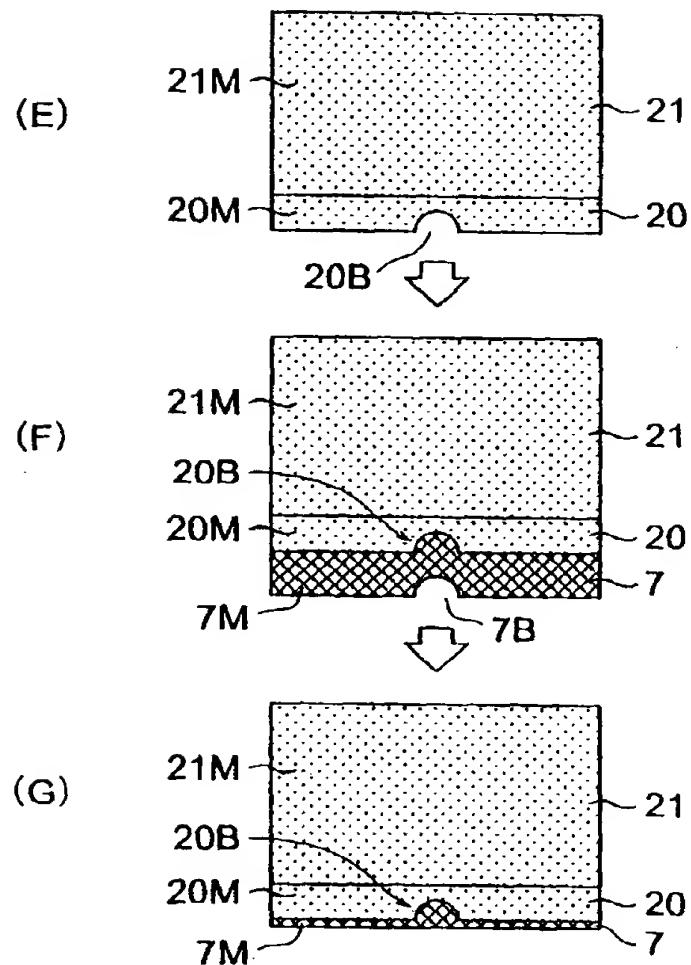
【図7】



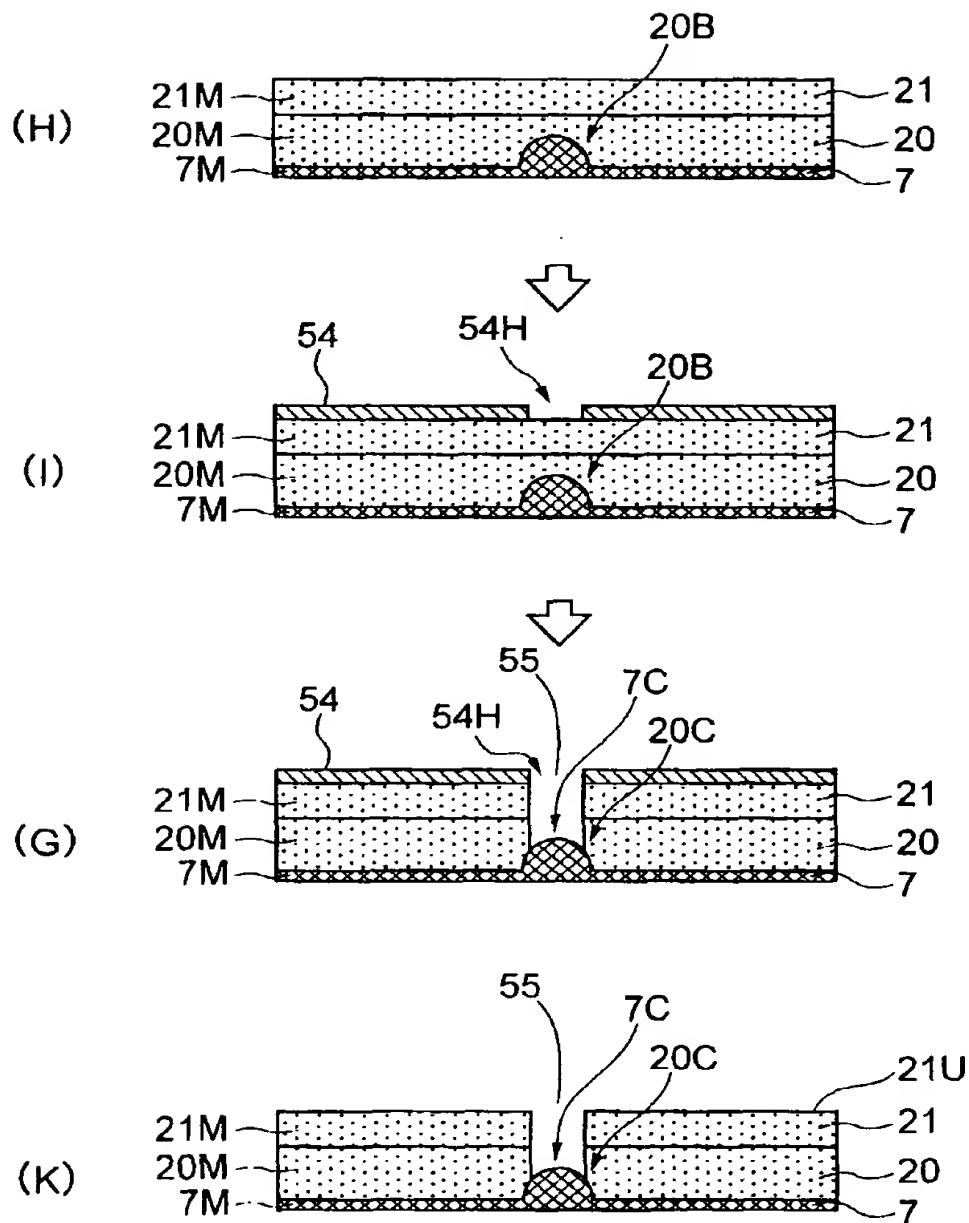
【図8】



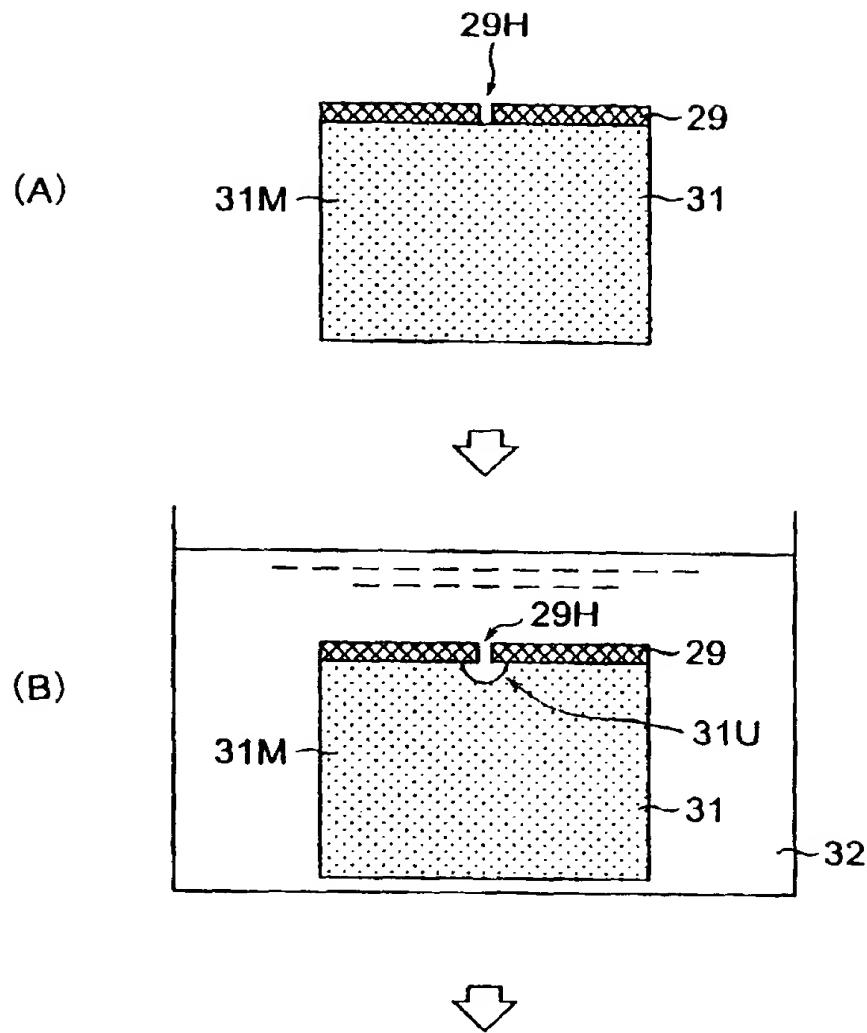
【図9】



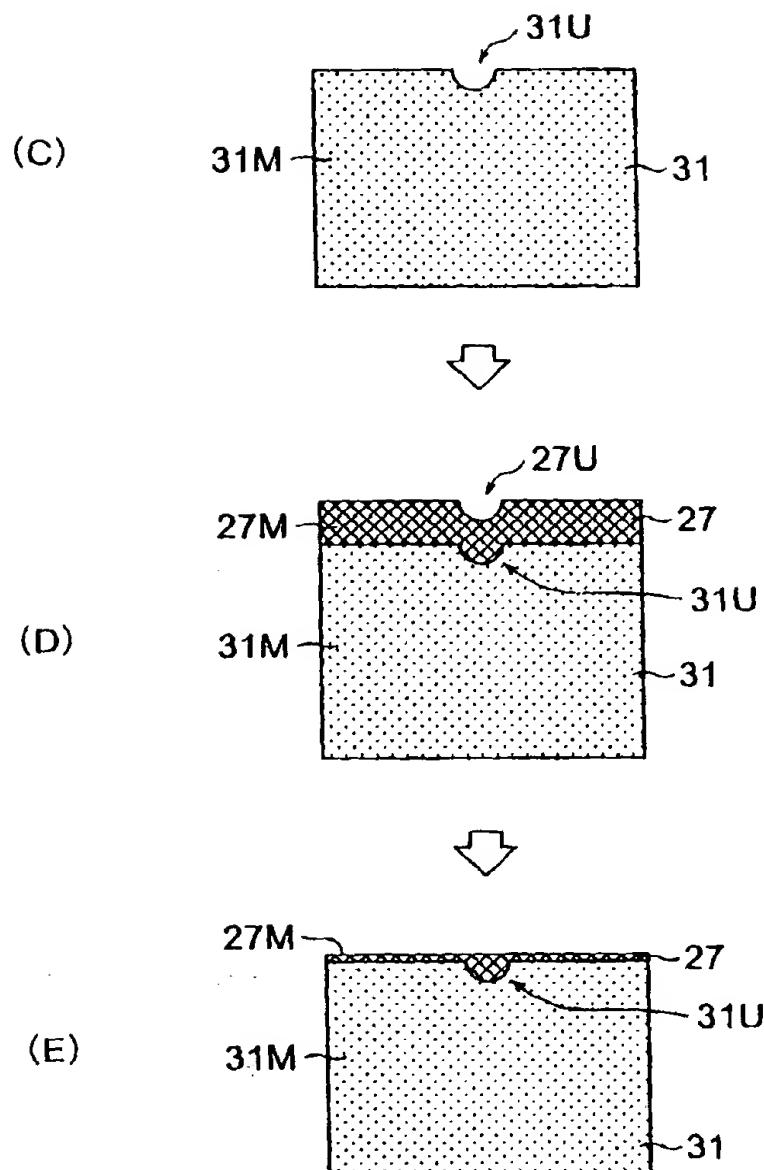
【図10】



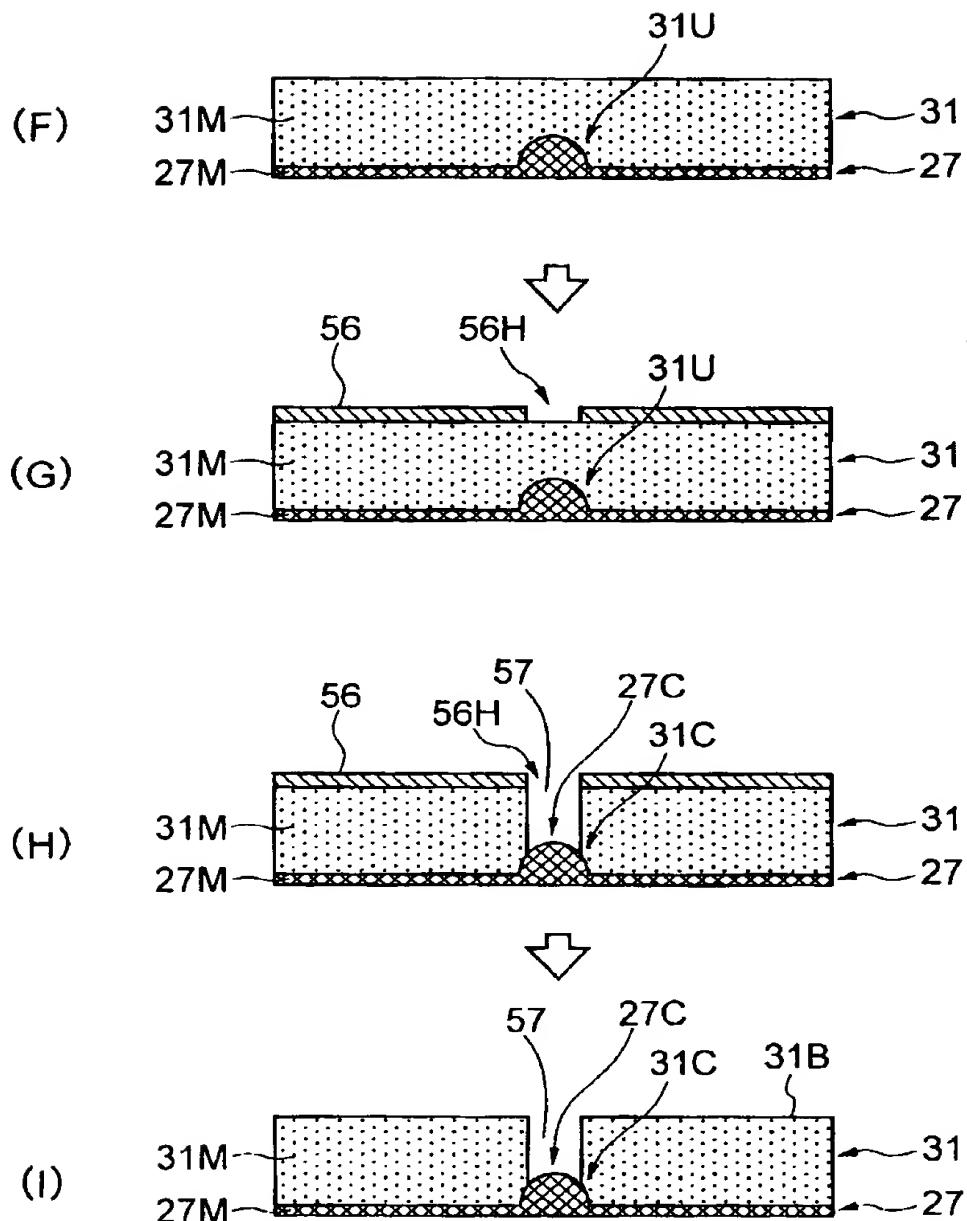
【図11】



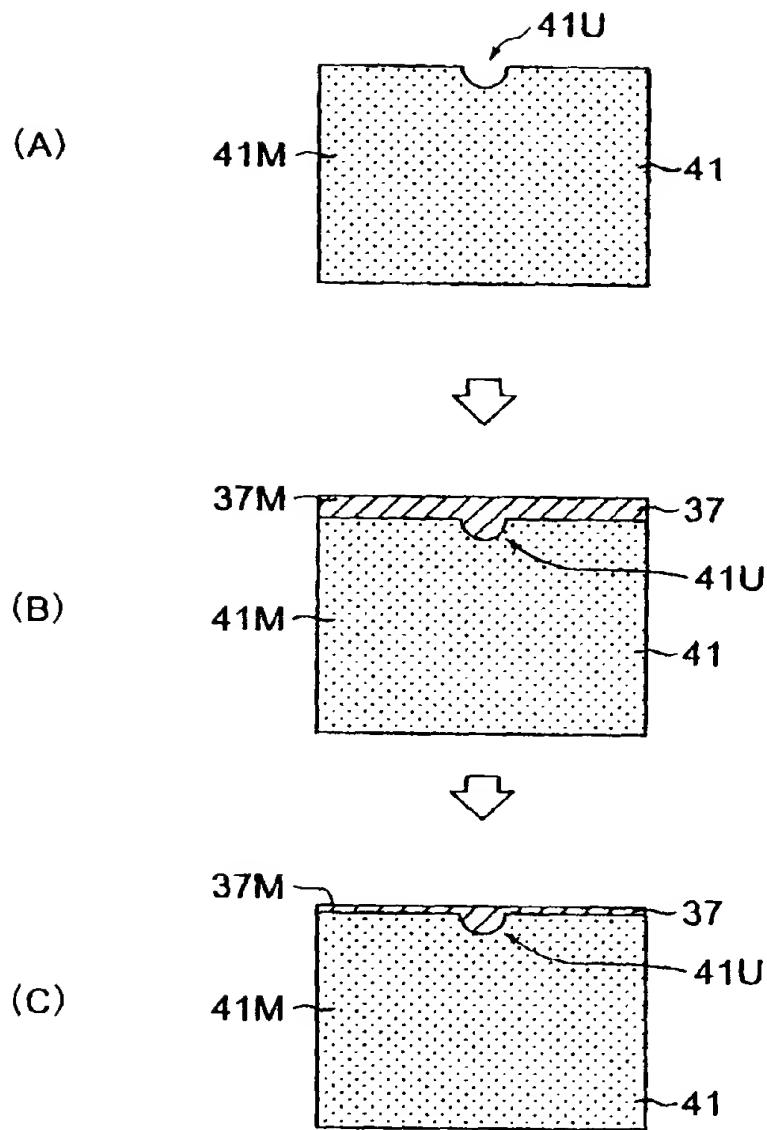
【図12】



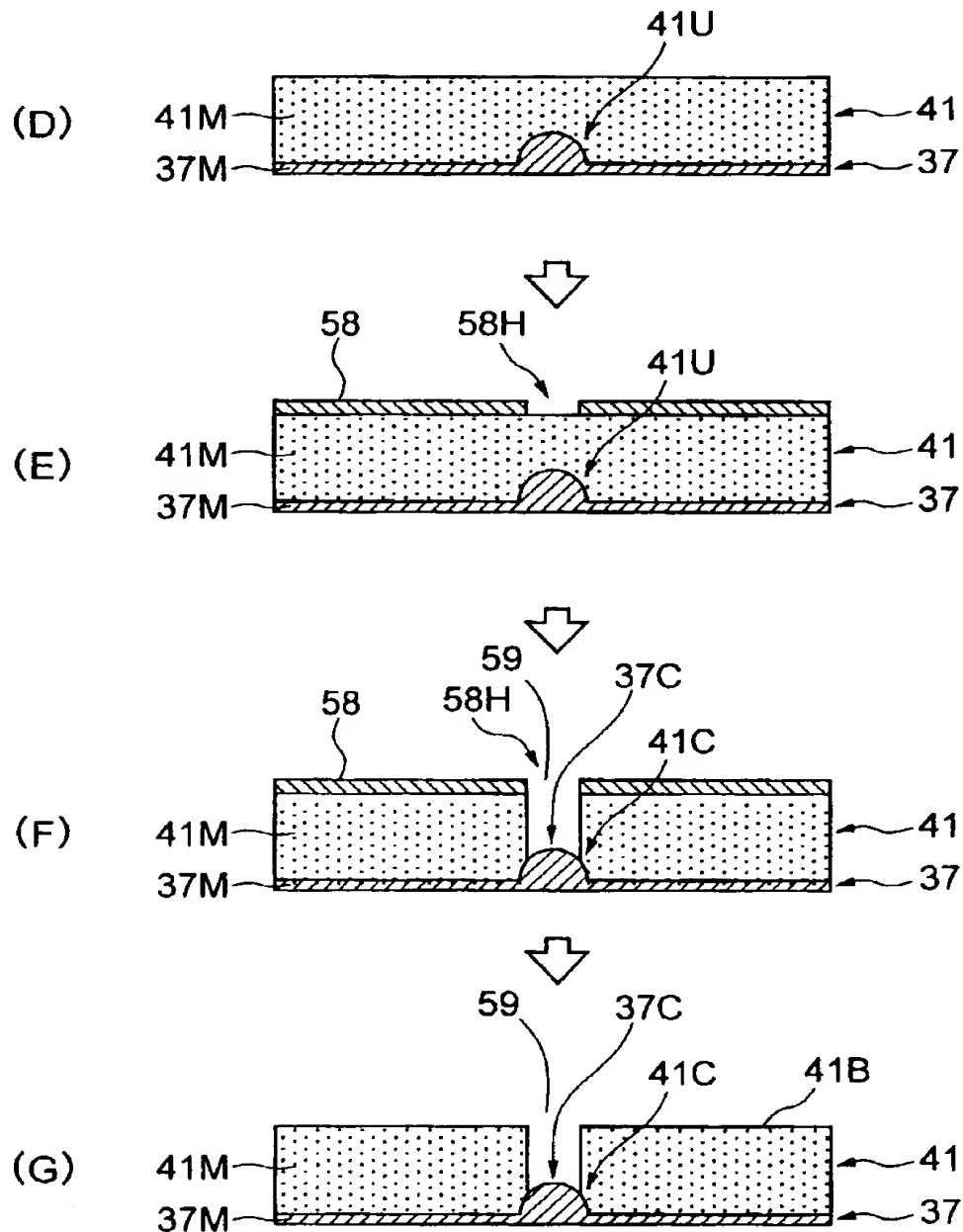
【図13】



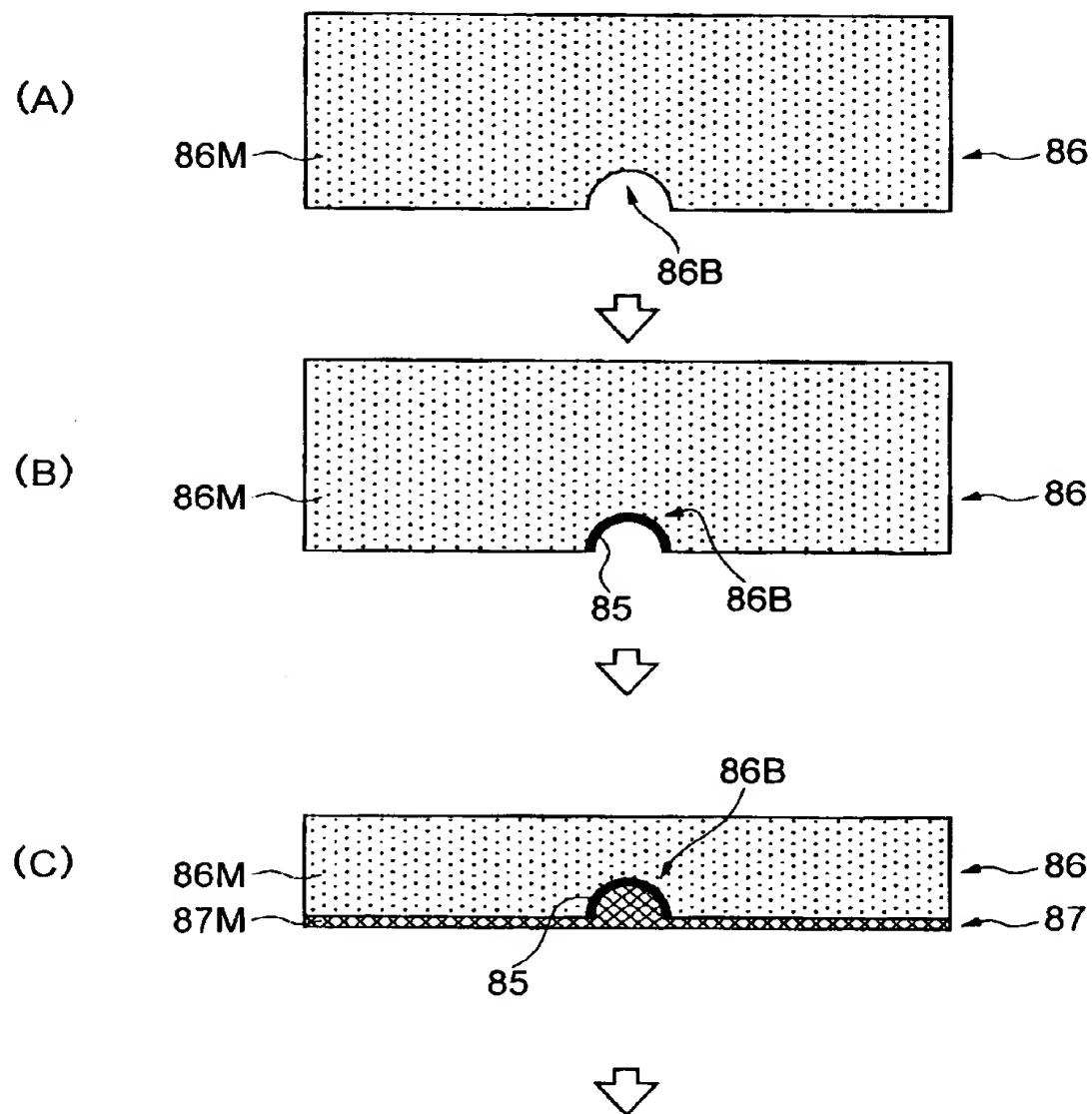
【図14】



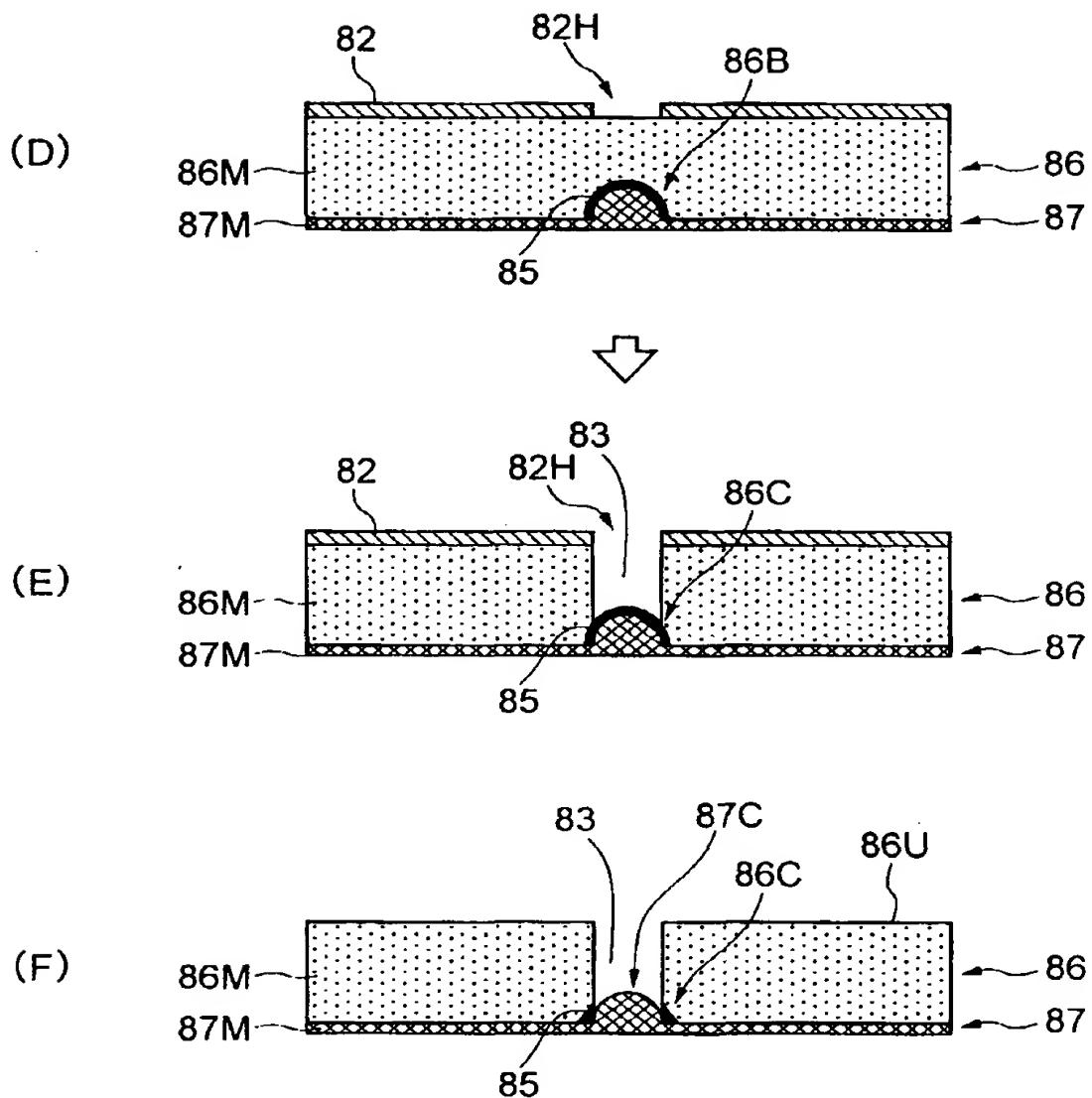
【図15】



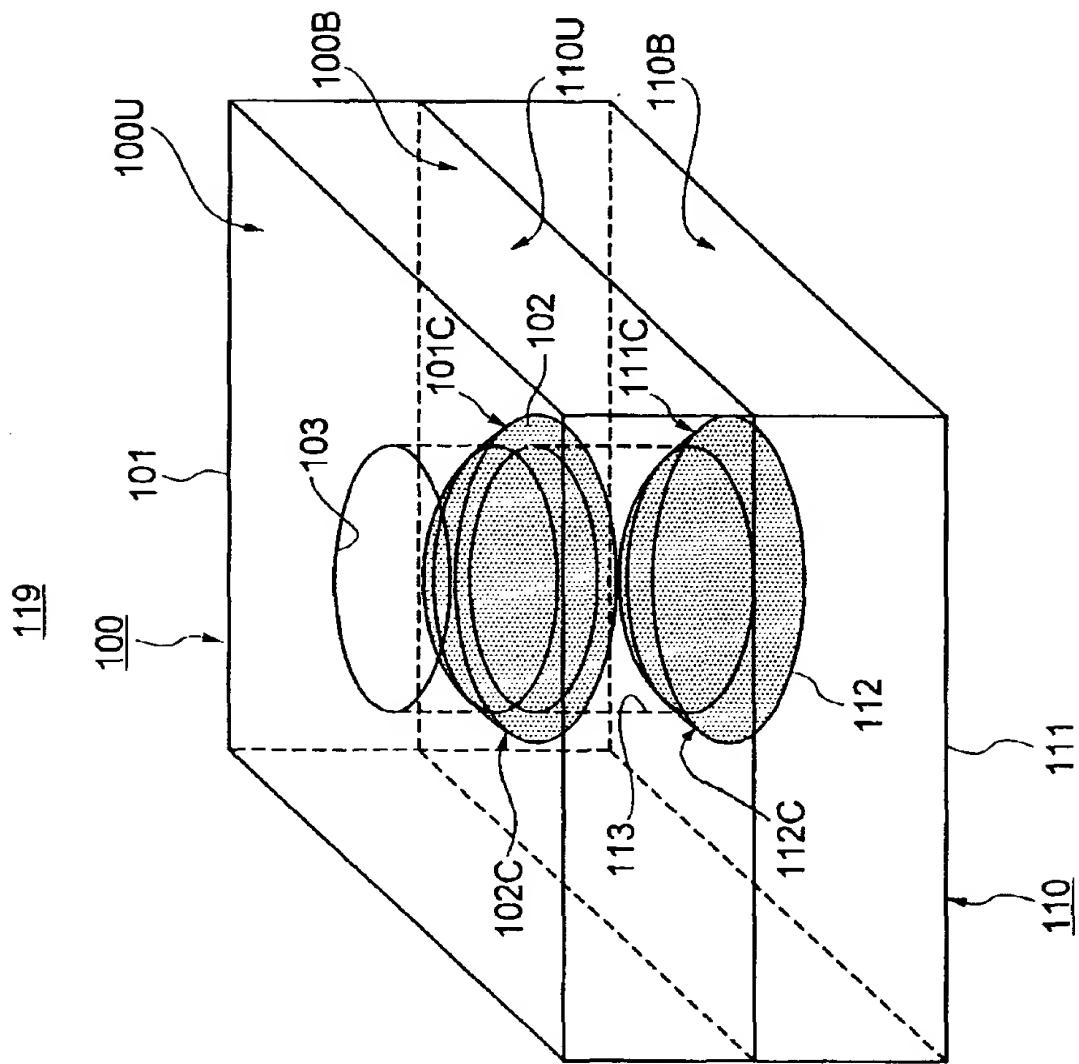
【図16】



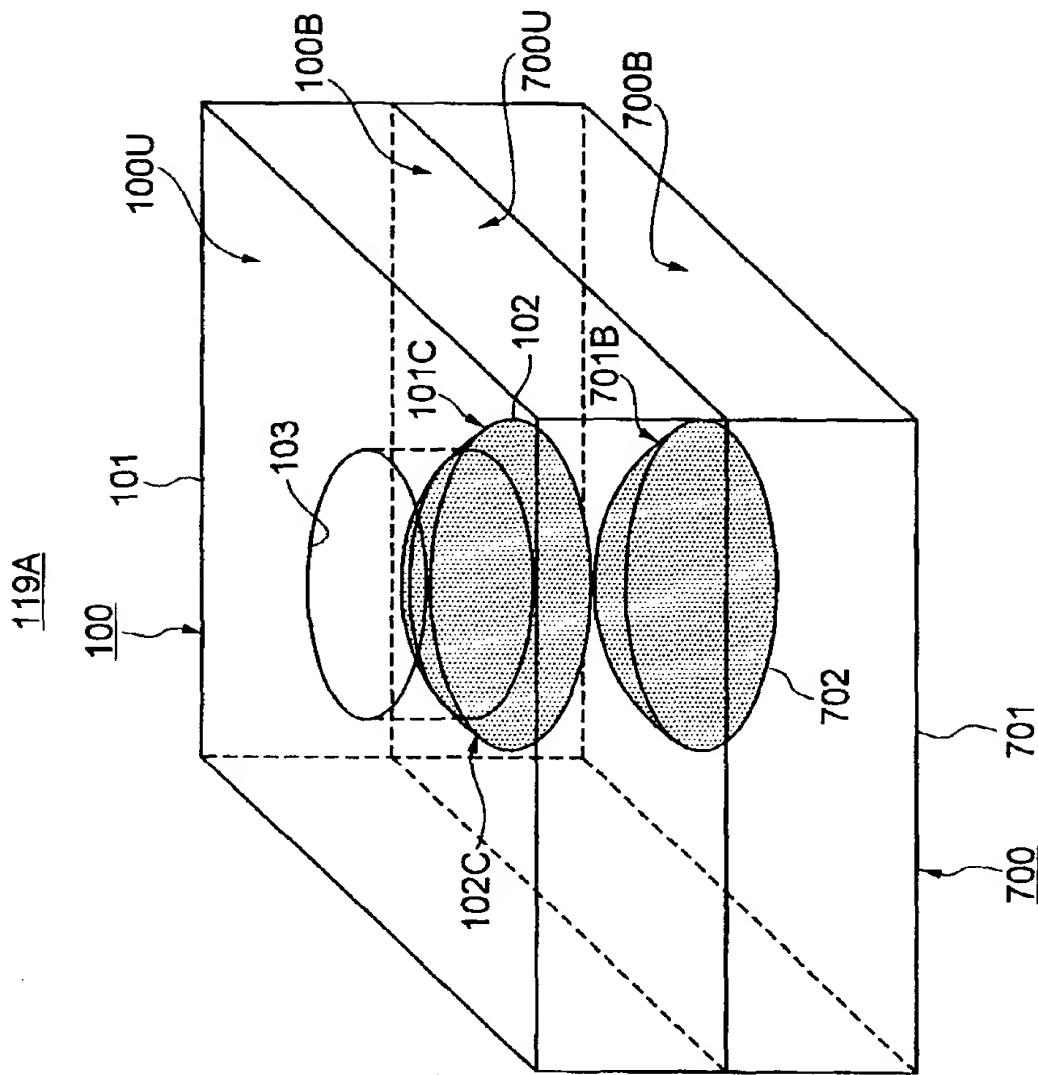
【図17】



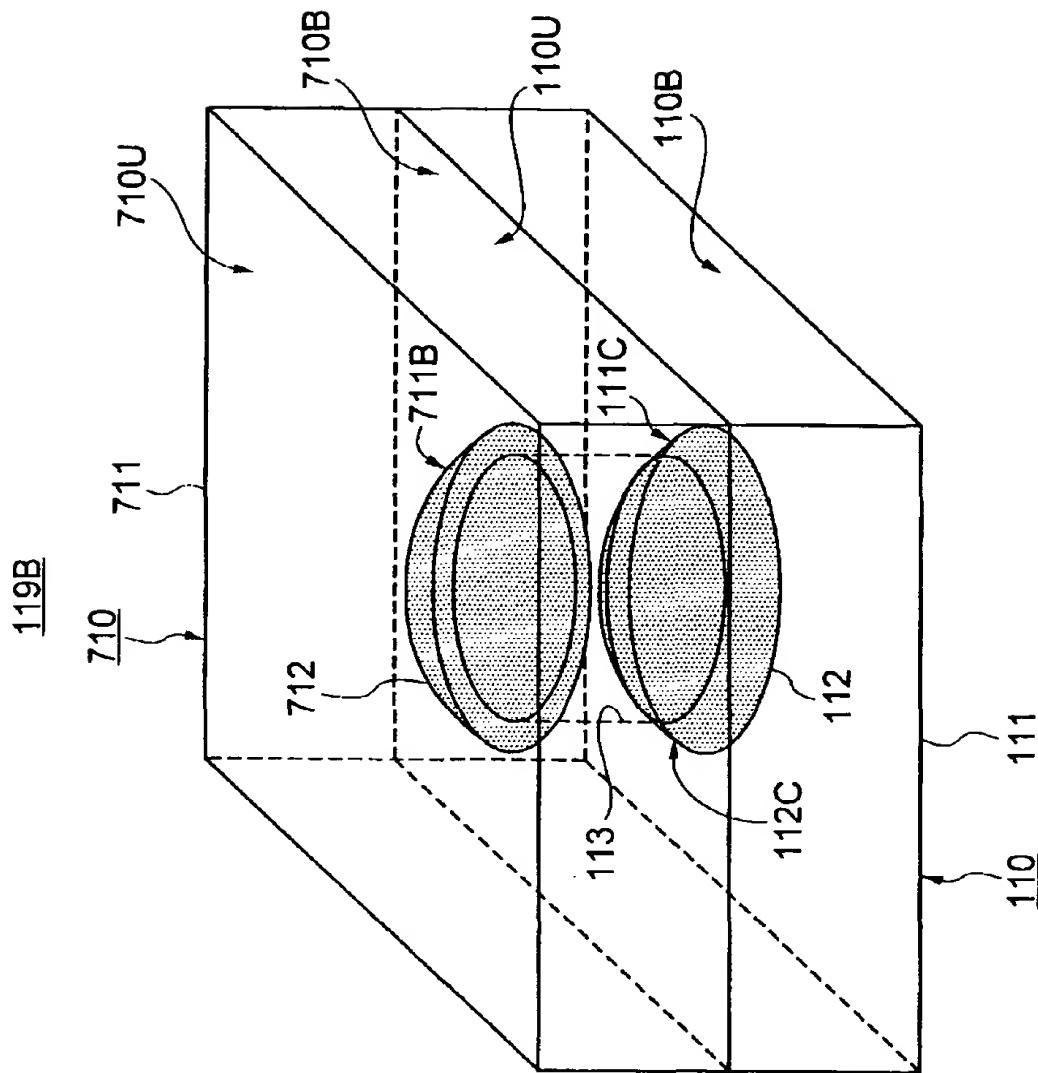
【図18】



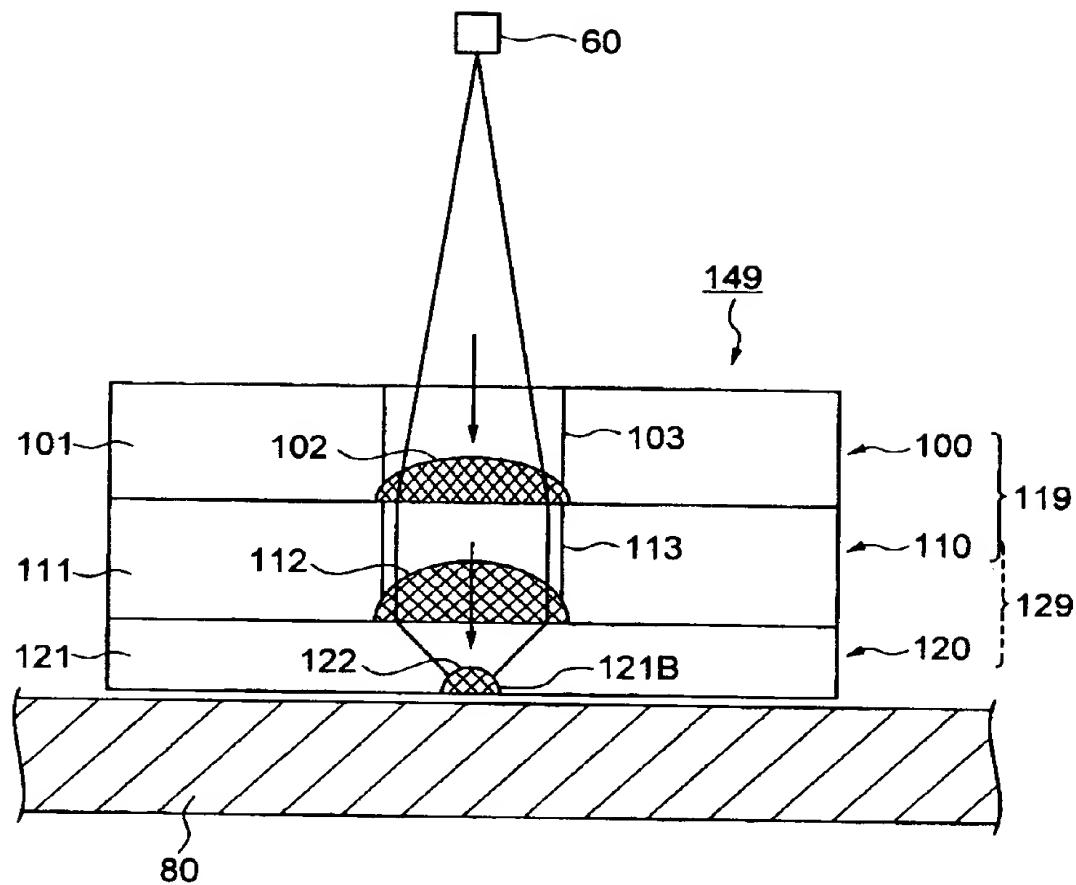
【図19】



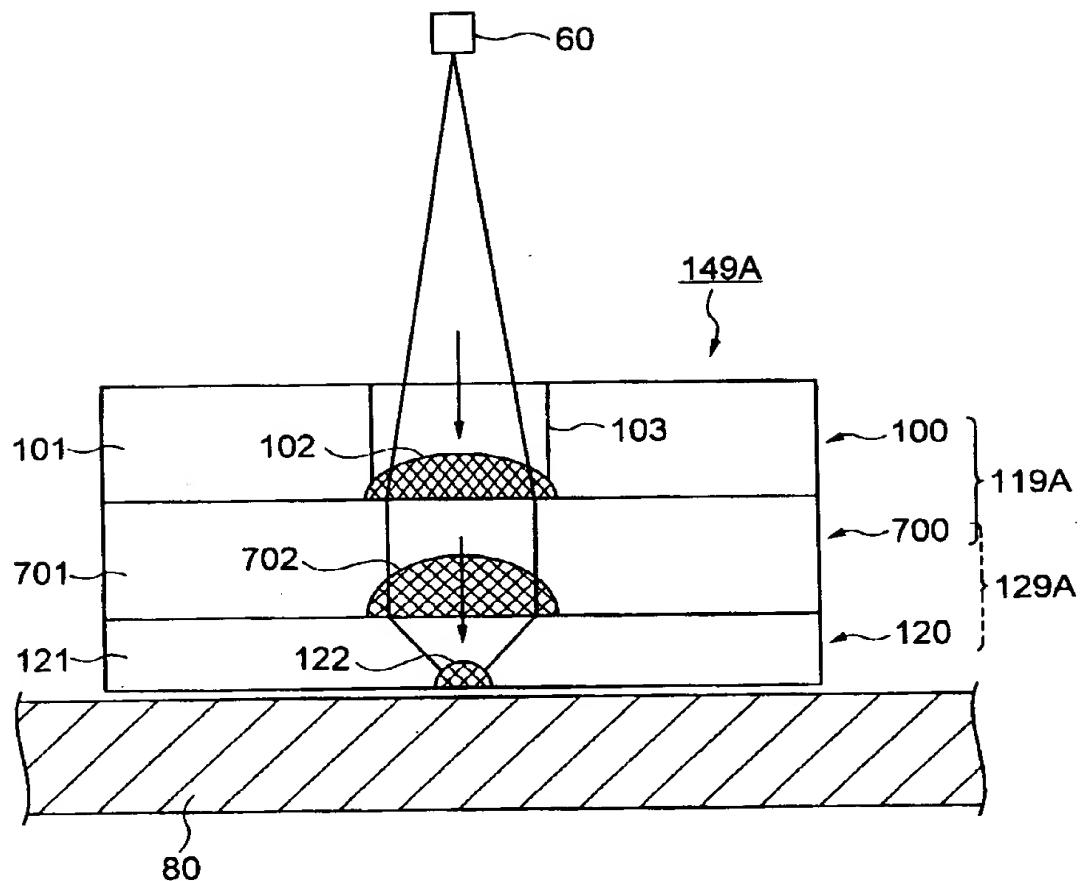
【図20】



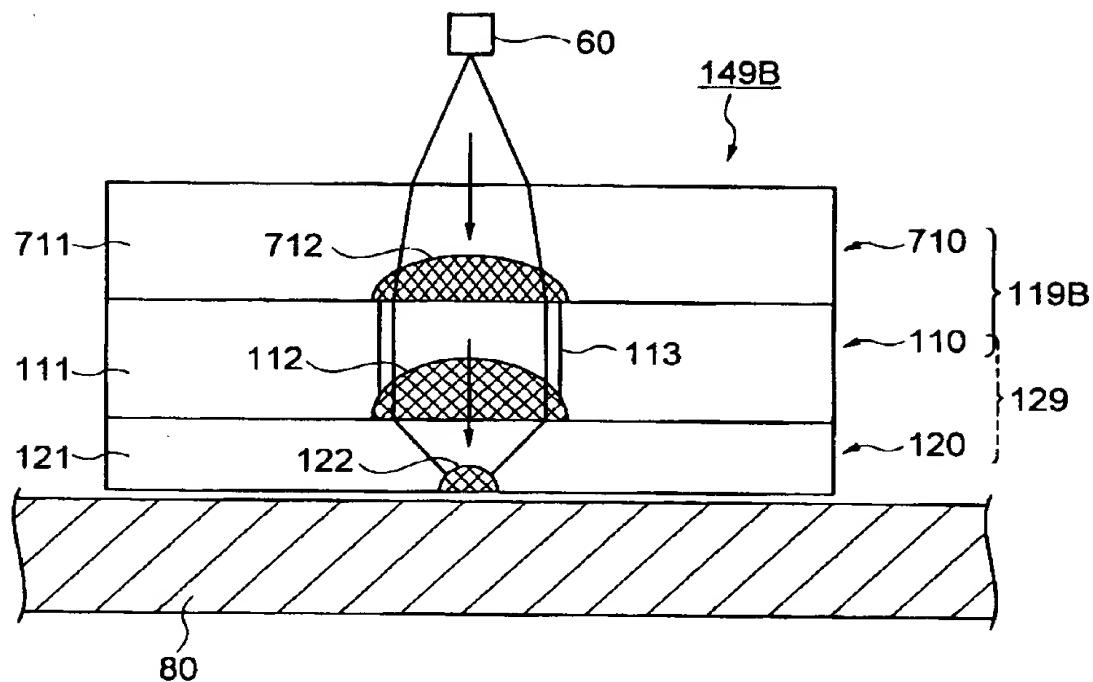
【図21】



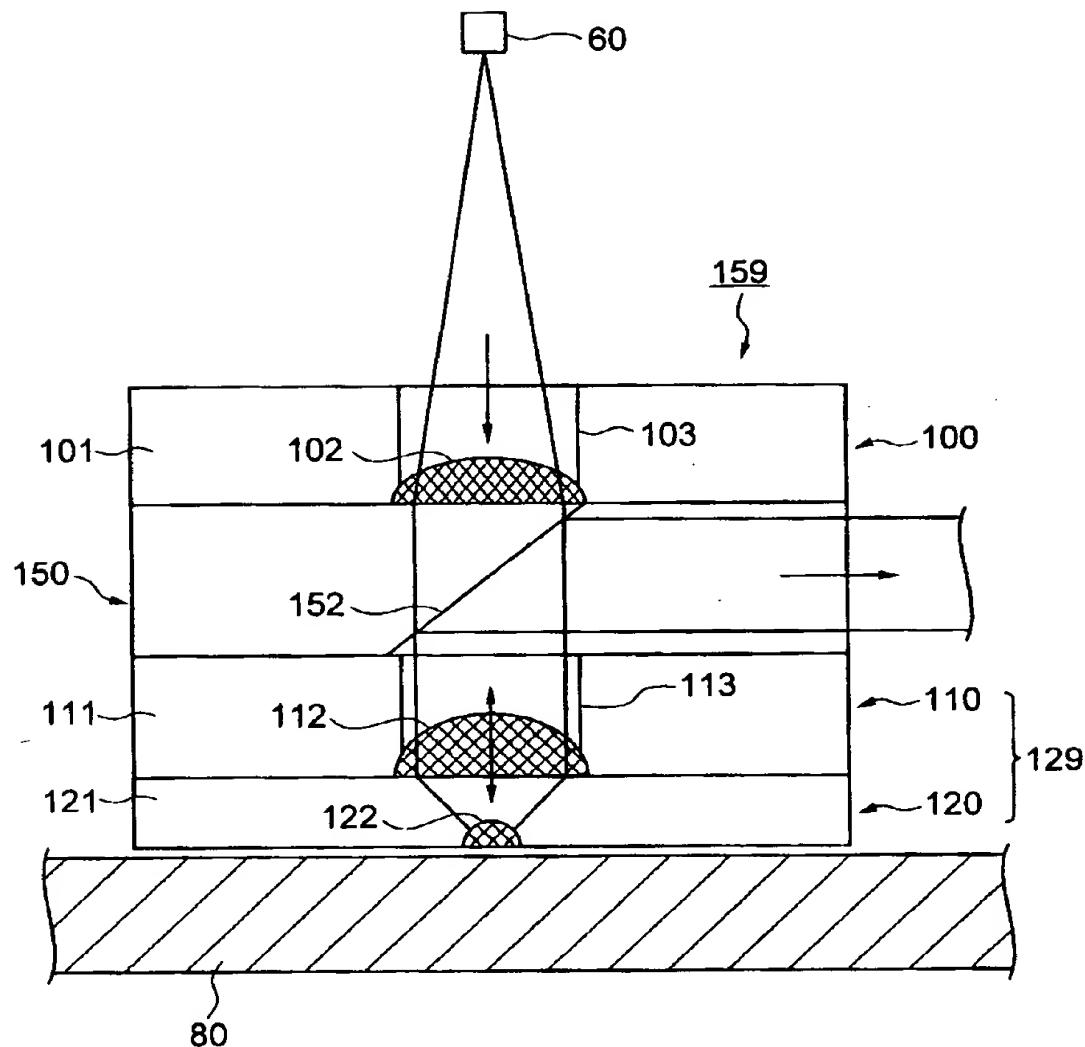
【図22】



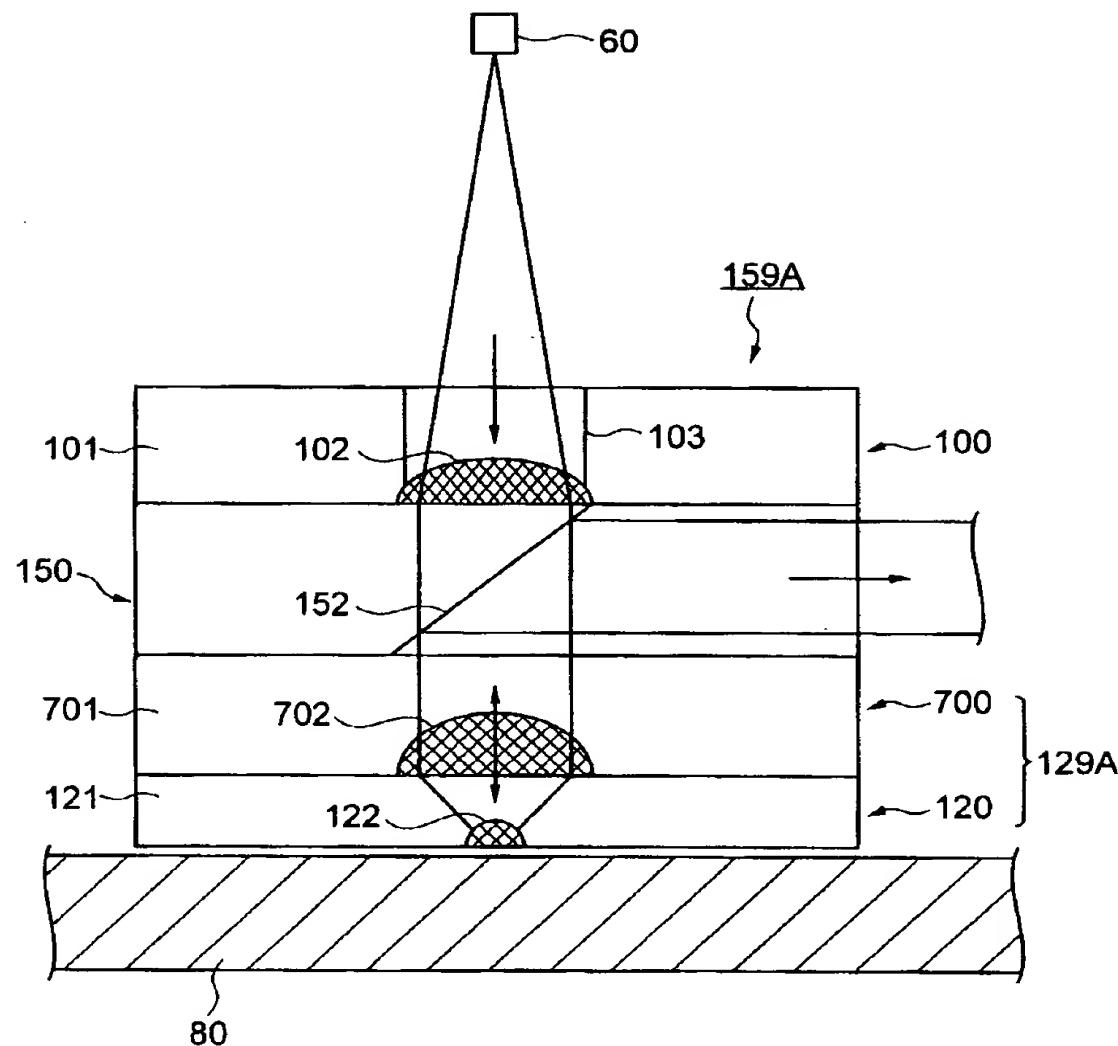
【図23】



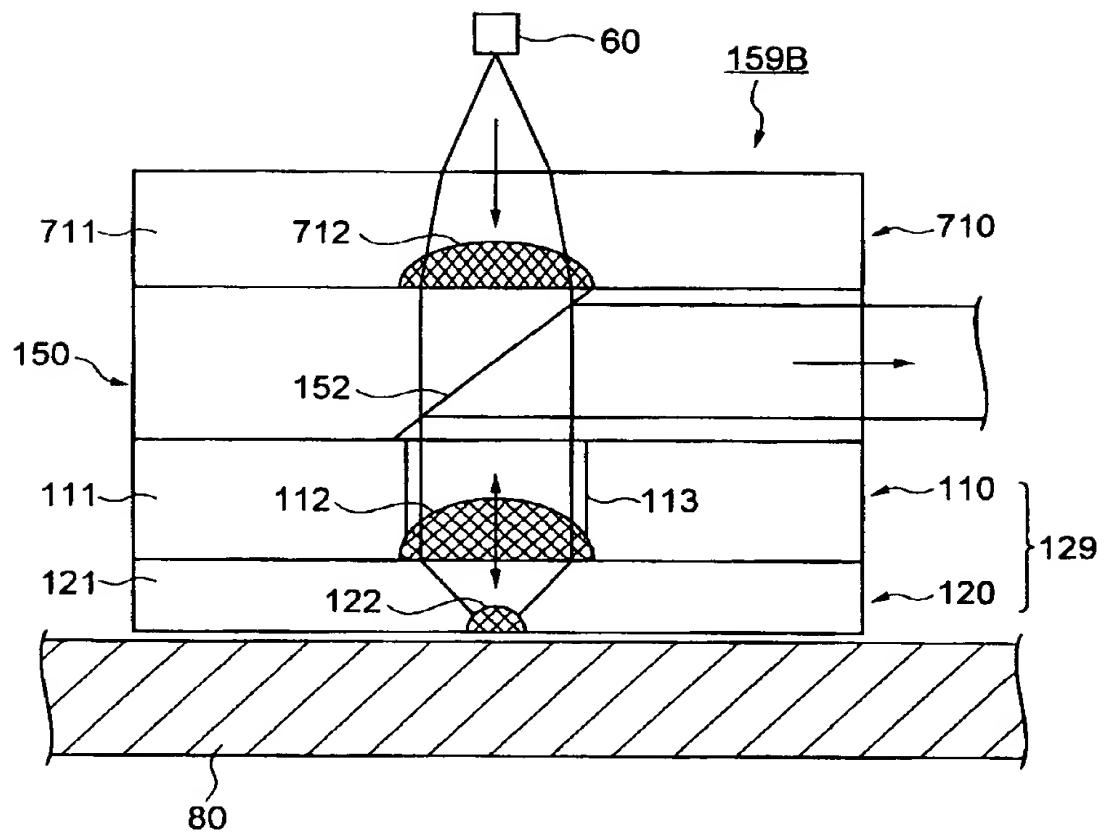
【図24】



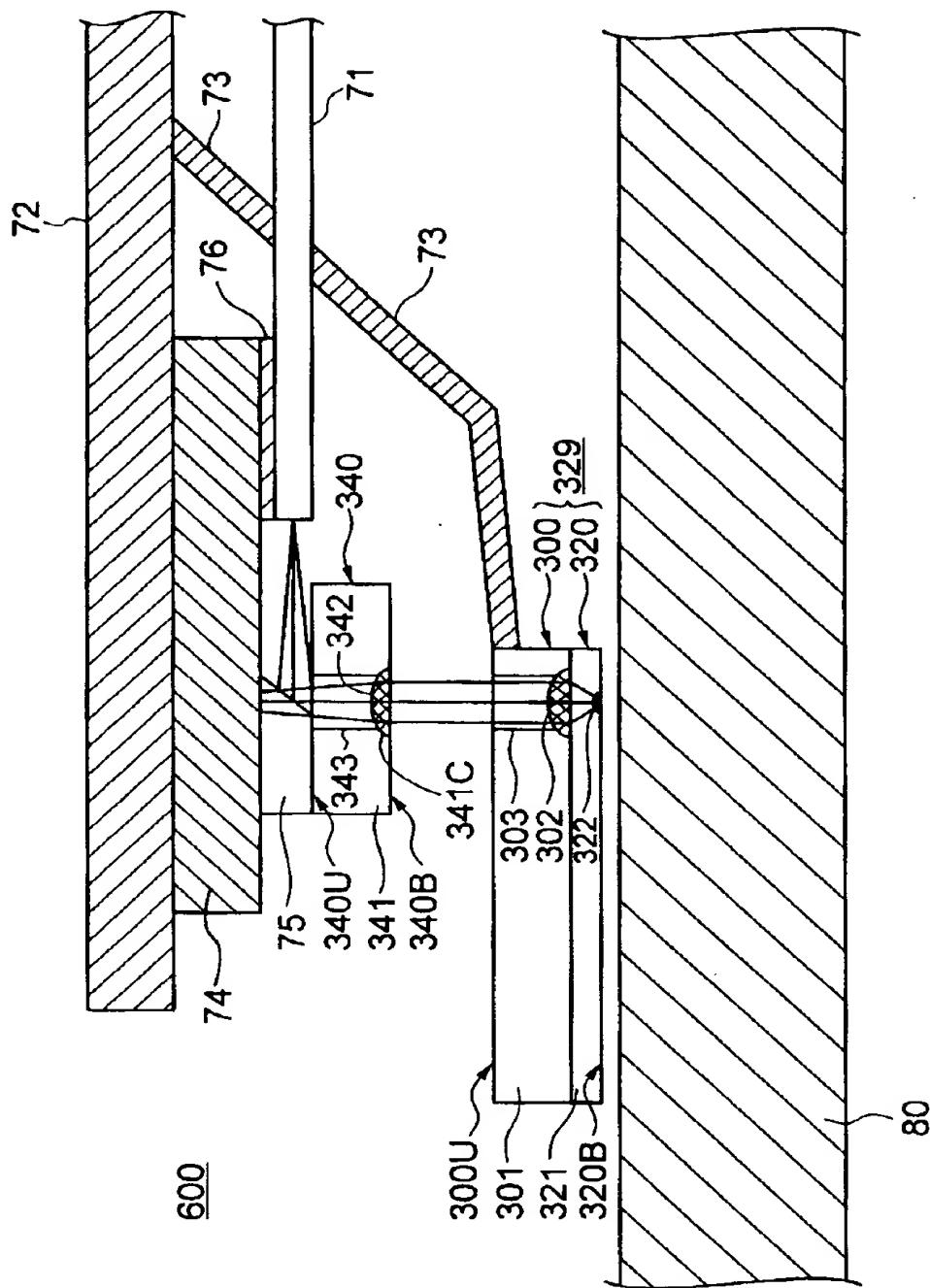
【図25】



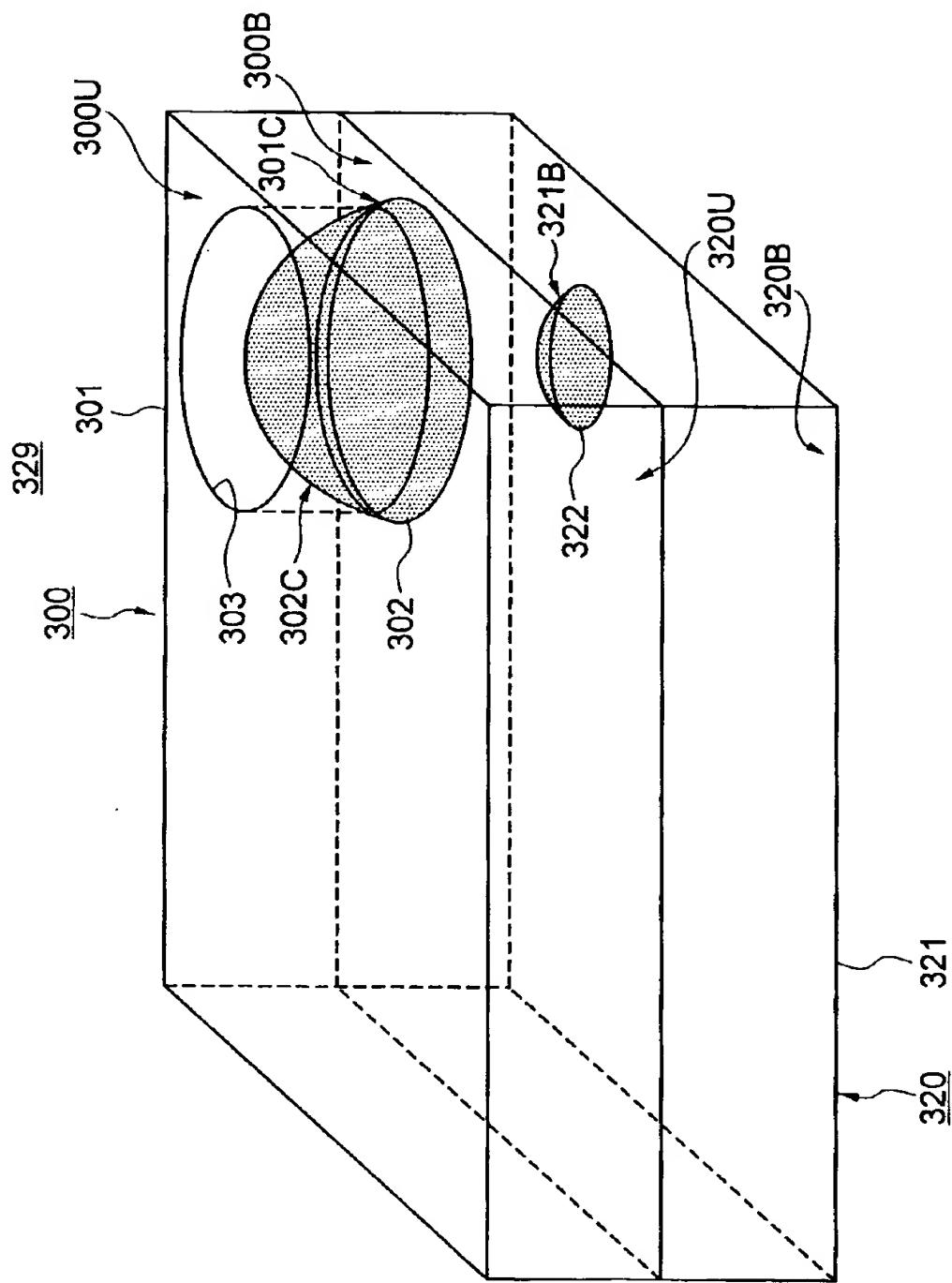
【図26】



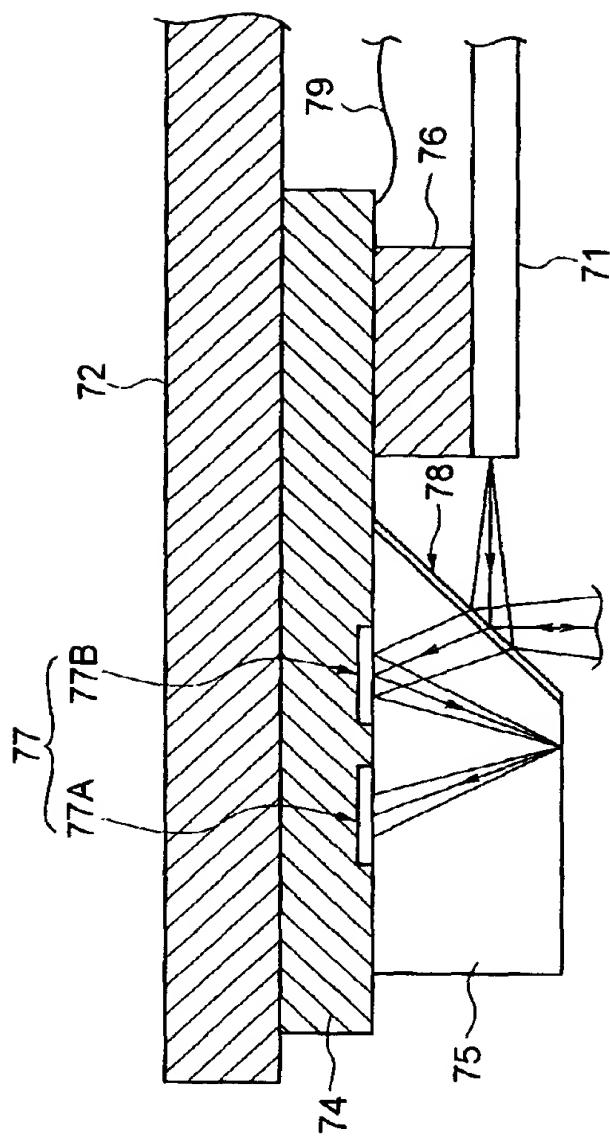
【図27】



【図28】



【図29】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型で開口数が大きい凸レンズを有する光学素子を提供する。

【解決手段】 光学素子100は、凸状の曲面102Cが形成された凸レンズ102と、凸レンズ102の凸状の曲面102Cに密着する基材101とを有する。基材101は、互いに対向する第1および第2の面100U, 100Bを有し、凸状の曲面102Cに密着する凹状の曲面101Cが第1の面100Bに形成されていると共に、凹状の曲面101Cの奥側から第2の面100Uに通じる孔103が形成されている。凸レンズ102の凸状の曲面102Cの中央部が、基材101の孔103に露出している。例えば、基材の凹部に光学材料を充填して凸レンズ102を形成し、凸レンズ102が形成された基材に孔103を設けることで、光学素子100を製造可能である。光学材料が充填される基材の凹部を小さくすることで、光学素子100の凸レンズ102を小型化可能である。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社